



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2014128415/28, 10.07.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
10.07.2014

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 10.07.2014

(45) Опубликовано: 20.09.2015 Бюл. № 26

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2011125947 А, 27.12.2012. US 2005169590 А1, 04.08.2005. US 2010303429 А1, 02.12.2010. US 2005226578 А1, 13.10.2005

Адрес для переписки:

664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, ФГБОУ
ВО "ИРНИТУ"

(72) Автор(ы):

Богданович Денис Васильевич (RU),
Бирюков Александр Сергеевич (RU),
Пряников Андрей Дмитриевич (RU),
Чигринов Владимир Григорьевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

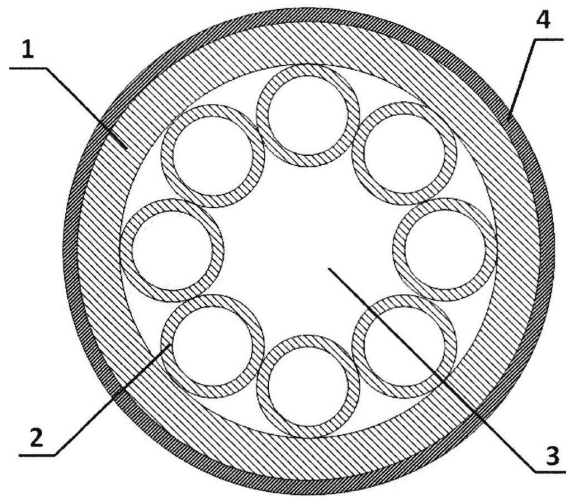
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Иркутский национальный
исследовательский технический университет"
(ФГБОУ ВО "ИРНИТУ") (RU)

(54) МИКРОСТРУКТУРИРОВАННЫЙ ВОЛОКОННЫЙ СВЕТОВОД

(57) Реферат:

Изобретение относится к оптоволоконной технике. Микроструктурированный световод содержит тонкостенные трубки, которые расположены равномерно по внутренней поверхности опорной трубы либо в соприкосновении друг с другом, либо отдельно. Тонкостенные трубки заполнены жидкокристаллическим материалом полностью или содержат слои жидкокристаллического

материала на их внутренней поверхности. Технический результат - локализация излучения высокой оптической мощности в спектральном диапазоне частот от видимого до ИК-излучения с возможностью динамической перестройки волноводного режима с помощью воздействия внешних электрических и магнитных полей, оптического излучения или температуры. 8 ил.



Фиг. 1

RU 2563555 C1

RU 2563555 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
G02B 6/02 (2006.01)
C03B 37/075 (2006.01)

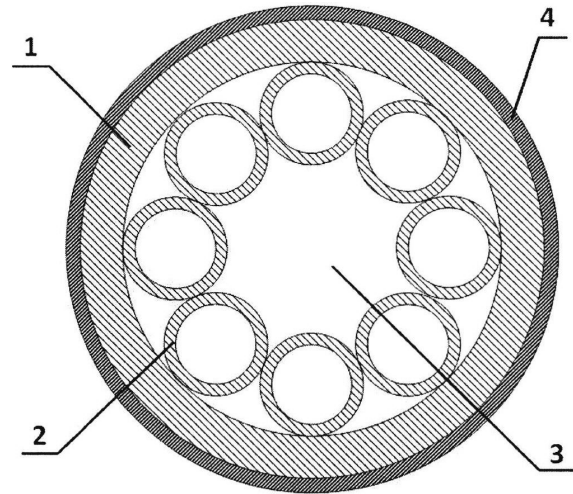
(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2014128415/28, 10.07.2014
(24) Effective date for property rights:
10.07.2014
Priority:
(22) Date of filing: 10.07.2014
(45) Date of publication: 20.09.2015 Bull. № 26
Mail address:
664074, g. Irkutsk, ul. Lermontova, 83, FGBOU VO
"IRNITU"

(72) Inventor(s):
Bogdanovich Denis Vasil'evich (RU),
Birjukov Aleksandr Sergeevich (RU),
Prjamikov Andrej Dmitrievich (RU),
Chigrinov Vladimir Grigor'evich (RU)
(73) Proprietor(s):
Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego
obrazovanija "Irkutskij natsional'nyj
issledovatel'skij tekhnicheskij universitet"
(FGBOU VO "IRNITU") (RU)

(54) **MICROSTRUCTURE WAVEGUIDE**

(57) Abstract:
FIELD: physics.
SUBSTANCE: microstructure waveguide comprises thin-wall tubes arranged uniformly over inner surface of support tube or in contact with each other, or separately. Thin-wall tubes are filled with liquid-crystal material completely or contain the liquid-crystal material plies on their inner surface.
EFFECT: localised radiation of high optical power in spectrum band of visible to IR radiation, possibility of dynamic readjustment of waveguide mode by external electric and magnetic fields, optical radiation or temperature.
8 dwg



Фиг. 1

RU 2 563 555 C1

RU 2 563 555 C1

Изобретение относится к оптоволоконной технике и может быть использовано в управляемых аттенуаторах, перестраиваемых широкополосных оптических фильтрах, перестраиваемых поляризаторах (с произвольными, зависящими от поляризации, потерями и переменной осью поляризации), датчиках физических величин. Изобретение также может применяться в более сложных устройствах, таких как полностью волоконных контроллерах поляризации и поляризационных компенсаторах модовой дисперсии, волоконных квантовых усилителях и лазерах. В частности, изобретение относится к оптическим волокнам и устройствам, характеристики которых могут варьироваться при воздействии оптического излучения, магнитного и электрического полей, температуры.

Заявляемое изобретение относится к приоритетным направлениям развития науки и технологий «Нанотехнологии и наноматериалы» и «Технологии обработки, хранения, передачи и защиты информации» [Алфавитно-предметный указатель к Международной патентной классификации по приоритетным направлениям развития науки и технологий / Ю.Г. Смирнов, Е.В. Скиданова, С.А. Краснов. - М.: ПАТЕНТ, 2008. - с. 18, с. 49], так как позволяет управлять оптическими сигналами при решении прикладных задач волоконной оптики и фотоники.

Известен микроструктурированный световод, выполненный полностью из кварцевого стекла, все элементы оболочки которого, или часть из них, полностью заполнены жидкокристаллическим (ЖК) материалом, и допускающий возможность перестройки волноводных свойств путем воздействия температуры и напряженности электрического поля на ЖК материал (Patent US 20050169590 A1, Dec 31, 2003).

Признаками аналога, совпадающими с существенными признаками заявляемого изобретения, являются: назначение и использование в устройстве ЖК материала.

Однако в связи с тем, что данный световод обладает стеклянной сердцевиной, в нем возможна локализация оптического излучения только небольшой мощности в довольно узком спектральном диапазоне - от 600 до 1700 нм.

За прототип принят волоконно-оптический световод с полый сердцевиной и микроструктурированной оболочкой (Заявка на изобретение RU2011125947, МПК G02B 6/02, опубликована 24.12.2012 г.).

Признаками, совпадающими с существенными признаками заявляемого устройства, являются: назначение; наличие полый сердцевины и микроструктурированной оболочки, представляющей собой опорную трубу из диэлектрического материала; по меньшей мере, три конструктивных элемента в виде тонкостенных трубок, выполненных из диэлектрического материала, крепящихся к внутренней поверхности опорной трубы; световедущую сердцевину, образованную областью вблизи оси световода, ограниченную по меньшей мере тремя конструктивными элементами, которые могут либо касаться друг друга, либо располагаться раздельно, при этом граница сердцевины имеет поверхность с отрицательной кривизной, а сам световод имеет внешнее защитное покрытие.

Однако данный световод не содержит в своей конструкции жидкокристаллический материал и поэтому не представляет возможности управления волноводными свойствами.

Предметом изобретения является волоконный световод, который обеспечивает новый технический результат - локализацию излучения высокой оптической мощности в спектральном диапазоне частот от видимого до ИК излучения с возможностью динамической перестройки волноводного режима с помощью воздействия внешних электрических и магнитных полей, оптического излучения или температуры. Иными

словами, технический результат заключается в создании такого режима работы, при котором множество тонкостенных трубок, заполненных ЖК материалом, функционирующих как отдельные волноводы, работают в режиме, когда они не способны поддерживать излучение в виде собственных мод, распространяющихся за счет явления полного внутреннего отражения. При этом основная доля мощности оптического излучения вытесняется в область полой сердцевины.

Технический результат достигается тем, что в волоконном световоде с полой сердцевиной и микроструктурированной оболочкой, содержащем опорную трубу из диэлектрического материала, по меньшей мере три конструктивных элемента в виде тонкостенных трубок, выполненных из диэлектрического материала, крепящихся к внутренней поверхности опорной трубы, и световедущую сердцевину, образованную областью вблизи оси световода, ограниченную по меньшей мере тремя конструктивными элементами, при этом граница сердцевины имеет поверхность с отрицательной кривизной, а сам световод имеет внешнее защитное покрытие, согласно изобретению, конструктивные элементы, выполненные в виде тонкостенных трубок, расположены равномерно по внутренней поверхности опорной трубы либо в соприкосновении друг с другом, либо раздельно и заполнены жидкокристаллическим материалом полностью или содержат слои жидкокристаллического материала на их внутренней поверхности.

Решение поставленной задачи достигается путем заполнения ЖК материалом конструктивных элементов, выполненных в виде тонкостенных трубок, частично или полностью. Изменение оптических параметров ЖК материала под внешним воздействием электрического, магнитного поля или температуры позволяет менять оптические параметры всей микроструктурированной оболочки в целом и динамично управлять волноводным режимом волоконного световода.

Широко известно из уровня техники использование жидкокристаллического материала, например в дисплейных устройствах (Самарин А. Технологии ЖК-дисплеев с управляемым углом обзора // Компоненты и технологии, №8, 2008. - с. 15-22) с целью отображения информации, а также в устройствах ввода-вывода оптического сигнала в волоконно-оптических линиях связи (Слепов Н. Оптические мультиплексоры ввода-вывода // Электроника: Наука, Технология, Бизнес, №1, 2001. - с. 40-43) с целью управления оптическим сигналом.

Известен также признак, сходный с отличительным признаком заявляемого устройства, а именно сплошное заполнение всех, или части, элементов оболочки световода ЖК материалом по патенту US 20050169590 A1, Dec 31, 2003. В известном объекте наличие ЖК материала действительно допускает возможность перестройки волноводных свойств путем воздействия температуры и напряженности электрического поля на ЖК материал. Тем не менее сходный признак в этом объекте не позволяет достичь заявляемого технического результата - локализации излучения высокой оптической мощности в спектральном диапазоне частот от видимого до ИК излучения с возможностью динамической перестройки волноводного режима с помощью воздействия внешних электрических и магнитных полей, оптического излучения или температуры. Причиной недостижения заявляемого технического результата в известном объекте по патенту US 20050169590 A1, Dec 31, 2003 является, во-первых, то, что сердцевина в известном световоде выполнена из кварцевого стекла и не позволяет локализовать излучение высоких мощностей, а во-вторых, ограничивает рабочий спектральный диапазон длинами волн от 600 до 1700 нм.

В заявляемой совокупности признаков (полая сердцевина отрицательной кривизны, тонкостенные трубки, расположенные равномерно по внутренней поверхности опорной

трубы либо в соприкосновении друг с другом, либо раздельно и заполненные жидкокристаллическим материалом полностью или содержащие слои жидкокристаллического материала на их внутренней поверхности), заполнение тонкостенных трубок полностью или слоями ЖК материала позволяет динамично
5 управлять волноводным режимом световода в спектральном диапазоне частот от видимого до ИК излучения с помощью воздействия внешних электрических и магнитных полей, оптического излучения или температуры.

Физическая сущность предложенного технического решения заключается в том, что при формировании волноводного режима распространения излучения, в широком
10 спектральном диапазоне характеризующегося малыми потерями, помимо наличия отрицательной кривизны границы сердцевина - оболочка, важную роль играют размеры конструктивных элементов и диаметр сердцевины световода по отношению к длине волны излучения.

Для снижения уровня оптических потерь необходимо минимизировать продольный
15 поток излучения, локализованный внутри стенок тонкостенных трубок оболочки. Отчасти это достигается отрицательной кривизной границы сердцевина - оболочка. Однако более важным аспектом является снижение плотности собственных состояний элементов оболочки, при которых они функционируют как отдельные волноводы, локализуя излучение в виде собственных мод, распространяющихся за счет явления
20 полного внутреннего отражения. Особенно критично это в случае сплошного заполнения тонкостенных трубок оболочки световода ЖК материалом, которые в этом случае представляют собой сплошные диэлектрические стержни. Путем уменьшения толщины стенок и диаметра тонкостенных трубок обеспечивается уменьшение резонансного взаимодействия распространяющегося по световоду излучения с собственными модами
25 конструктивных элементов оболочки. Это приводит к уменьшению оптических потерь и уширению запрещенных зон световода, положение которых зависит от оптических параметров ЖК материала.

Неожиданным результатом явилось то, что уменьшение резонансного взаимодействия распространяющегося по световоду излучения с собственными модами конструктивных
30 элементов оболочки достигается за счет создания слоев ЖК материала на внутренней поверхности тонкостенных трубок. Нанесение слоев ЖК материала не приводит к существенному росту числа собственных мод тонкостенных трубок, а следовательно увеличению оптических потерь, и оставляет неизменной ширину запрещенных зон световода, положение которых зависит от оптических параметров ЖК материала.

35 Таким образом, сопоставительный анализ показывает, что из уровня техники не известно влияние сходного с отличительным признаком (простое заполнение световода ЖК материалом) на достижение заявляемого технического результата, следовательно. Заявляемое техническое решение соответствует условию патентоспособности «изобретательский уровень».

40 Изобретение поясняется чертежами.

На Фиг. 1 изображено поперечное сечение волоконного световода без заполнения ЖК материалом, в котором конструктивные элементы, выполненные в виде тонкостенных трубок, расположены равномерно по внутренней поверхности опорной трубы в соприкосновении друг с другом.

45 На Фиг. 2 изображено поперечное сечение волоконного световода без заполнения ЖК материалом, в котором конструктивные элементы, выполненные в виде тонкостенных трубок, расположены равномерно по внутренней поверхности опорной трубы раздельно друг от друга.

На Фиг. 3 изображено поперечное сечение волоконного световода со сплошным заполнением тонкостенных трубок оболочки ЖК материалом.

На Фиг. 4 приведена зависимость волноводных потерь волоконного световода со сплошным заполнением тонкостенных трубок оболочки ЖК материалом в спектральном диапазоне 2-3 мкм. Световод с диаметром полой сердцевины 60 мкм состоит из 8 капилляров с толщиной стенки 4.5 мкм, показатель преломления ЖК материала варьируется от 1.4 до 1.5.

На Фиг. 5 приведена зависимость волноводных потерь волоконного световода со сплошным заполнением тонкостенных трубок оболочки ЖК материалом в спектральном диапазоне 1-5 мкм. Световод с диаметром полой сердцевины 60 мкм состоит из 46 капилляров с толщиной стенки 1 мкм, показатель преломления ЖК материала варьируется от 1.4 до 1.5.

На Фиг. 6 изображено поперечное сечение волоконного световода со слоями ЖК материала на внутренней поверхности тонкостенных трубок.

На Фиг. 7 приведена зависимость волноводных потерь волоконного световода со слоями ЖК материала на внутренней поверхности тонкостенных трубок в спектральном диапазоне 1-3 мкм. Световод с диаметром полой сердцевины 60 мкм состоит из 8 капилляров с толщиной стенки 4.5 мкм, толщина слоя ЖК материала 3 мкм, показатель преломления ЖК материала варьируется от 1.44 до 1.5.

На Фиг. 8 приведена зависимость волноводной дисперсии в диапазоне 1.9-2.25 мкм. Световод с диаметром полой сердцевины 60 мкм состоит из 8 капилляров с толщиной стенки 4.5 мкм, толщина слоя ЖК материала 3 мкм, показатель преломления ЖК материала варьируется от 1.44 до 1.5.

Волоконный световод с полой сердцевиной и микроструктурированной оболочкой (фиг. 1) содержит опорную трубу 1 из диэлектрического материала, например из кварцевого стекла, фосфатного стекла, теллуридного стекла, халькогенидного стекла, полимера, фторидного стекла, свинцового стекла, висмутатного стекла. По меньшей мере три конструктивных элемента в виде тонкостенных трубок 2, выполненные из диэлектрического материала, прикреплены к внутренней поверхности опорной трубы 1.

Световедущая сердцевина 3 образована областью вблизи оси световода и ограничена по меньшей мере тремя конструктивными элементами в виде тонкостенных трубок. При этом граница световедущей сердцевины имеет поверхность с отрицательной кривизной, а сам световод имеет внешнее защитное покрытие 4. Конструктивные элементы, выполненные в виде тонкостенных трубок 2, расположены равномерно по внутренней поверхности опорной трубы 1 либо в соприкосновении друг с другом (фиг. 1), либо раздельно (фиг. 2). Тонкостенные трубки 2 заполнены жидкокристаллическим материалом 5 полностью (фиг. 3) или содержат слои жидкокристаллического материала на их внутренней поверхности (фиг. 6). Защитное покрытие 4 может представлять собой полимерное покрытие, герметичное покрытие (например: металл, углерод, керамика) или комбинацию герметичного и полимерного покрытий.

Конструктивные элементы оболочки, выполненные в виде тонкостенных трубок 2, заполняются ЖК материалом 5 через торец световода (фиг. 3, фиг. 6).

Размеры конструктивных элементов световода и показатель преломления ЖК материала варьируются для получения желаемых величин волноводных потерь и дисперсии в рабочем диапазоне частот.

Устройство работает следующим образом.

Например, излучение широкополосного источника вводится в волоконный световод

посредством воздействия источника температуры, находящегося за пределами опорной трубы 1 и защитного покрытия 4 световода, в пределах от 20 до 100 градусов Цельсия. При этом происходит изменение показателя преломления ЖК материала 5, содержащегося в тонкостенных трубках 2 оболочки, что приводит к изменению

5 положения области прозрачности световода и обеспечению передачи излучения требуемой длины волны по полой сердцевине 5 от источника к приемнику сигнала.

Принцип действия жидкокристаллического волоконного световода с полой сердцевиной и микроструктурированной оболочкой основан на нескольких физических эффектах.

10 Физическая сущность предложенного технического решения заключается в том, что при формировании волноводного режима распространения излучения, в широком спектральном диапазоне характеризующегося малыми потерями, помимо наличия отрицательной кривизны границы сердцевина - оболочка, важную роль играют размеры конструктивных элементов и диаметр сердцевины световода по отношению к длине

15 волны излучения (фиг. 1 и 2).

Также конструктивные элементы оболочки, выполненные в виде тонкостенных трубок, являются, по сути, отдельными волноводами, способными локализовать излучение в виде собственных состояний или мод в определенных спектральных диапазонах. В этих диапазонах происходит резонансное взаимодействие

20 локализованного в области сердцевины излучения с собственными модами конструктивных элементов оболочки. Причем чем больше толщина стенок трубок оболочки, тем больше число их собственных состояний и тем эффективнее происходит перекачка мощности излучения из сердцевины в оболочку. Спектральные области, где конструктивные элементы оболочки не поддерживают локализацию излучения в виде

25 их собственных мод, характеризуются низким уровнем оптических потерь и локализацией основной доли мощности излучения в области полой сердцевины.

В случае сплошного заполнения тонкостенных трубок оболочки световода ЖК материалом (фиг. 3), последние представляют собой диэлектрические стержни, локализирующие излучение за счет механизма полного внутреннего отражения, в виде

30 большого числа собственных мод.

При этом наблюдается уменьшение ширины запрещенных зон световода с одновременным увеличением их числа (фиг. 4). Число собственных мод полностью заполненных ЖК материалом капилляров оболочки, направляемых за счет механизма полного внутреннего отражения, а следовательно и их резонансное взаимодействие с

35 излучением сердцевины световода, может быть сокращено путем уменьшения радиуса капилляров оболочки. При радиусе, сравнимом с длиной волны излучения, полностью заполненные капилляры становятся маломодовыми световодами, что приводит к уширению запрещенных зон и сглаживанию их краев. При этом сохранение прежнего диаметра полой сердцевины требует значительного увеличения числа тонкостенных

40 трубок оболочки (фиг. 5). Положение запрещенных зон световода зависит от оптических параметров ЖК материала.

Также уменьшение резонансного взаимодействия распространяющегося по световоду излучения с собственными модами конструктивных элементов оболочки достигается за счет создания слоев ЖК материала на внутренней поверхности тонкостенных трубок

45 (фиг. 6). Нанесение слоев ЖК материала не приводит к существенному росту числа собственных мод тонкостенных трубок, а следовательно увеличению оптических потерь, и оставляет неизменной ширину запрещенных зон световода, положение которых зависит от оптических параметров ЖК материала (фиг. 7, 8).

Формула изобретения

Волоконный световод с полый сердцевинной и микроструктурированной оболочкой, содержащий опорную трубу из диэлектрического материала, по меньшей мере три конструктивных элемента в виде тонкостенных трубок, выполненных из диэлектрического материала, крепящихся к внутренней поверхности опорной трубы, и световедущую сердцевину, образованную областью вблизи оси световода, ограниченную по меньшей мере тремя конструктивными элементами, при этом граница сердцевины имеет поверхность с отрицательной кривизной, а сам световод имеет внешнее защитное покрытие, отличающийся тем, что конструктивные элементы, выполненные в виде тонкостенных трубок, расположены равномерно по внутренней поверхности опорной трубы либо в соприкосновении друг с другом, либо отдельно и заполнены жидкокристаллическим материалом полностью или содержат слои жидкокристаллического материала на их внутренней поверхности.

15

20

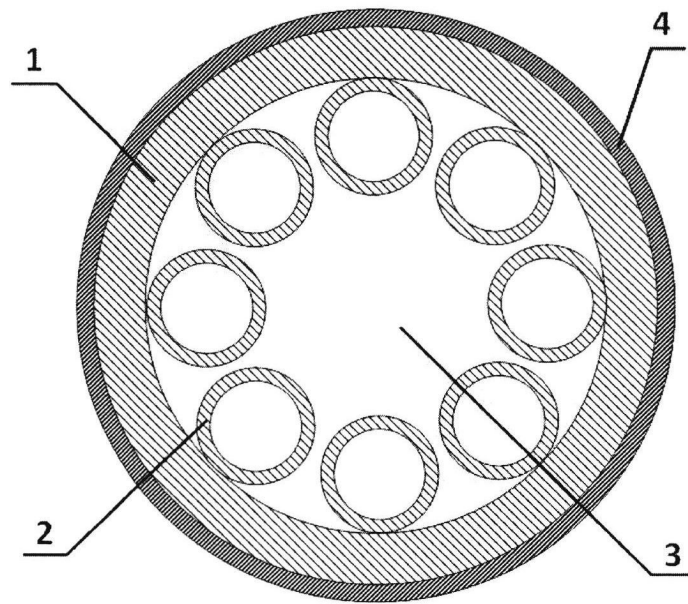
25

30

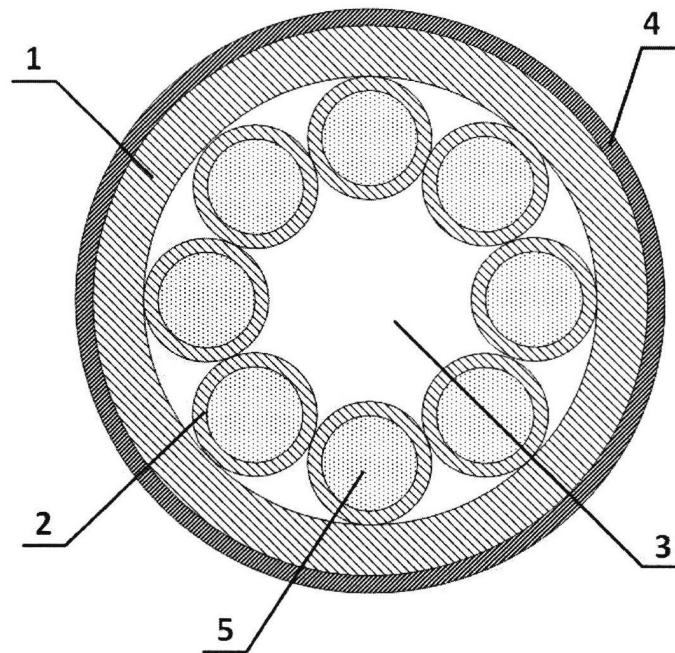
35

40

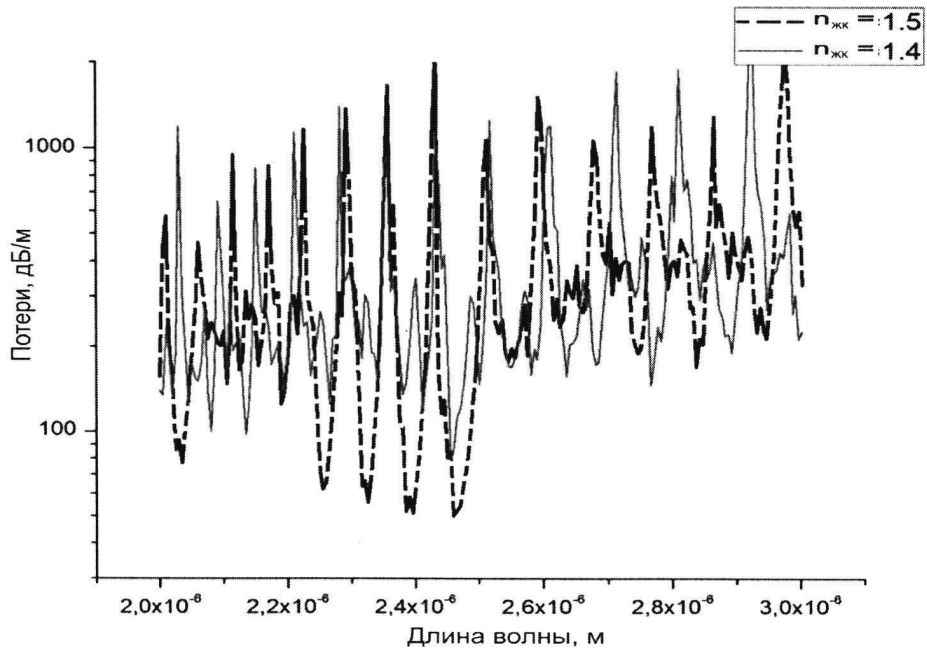
45



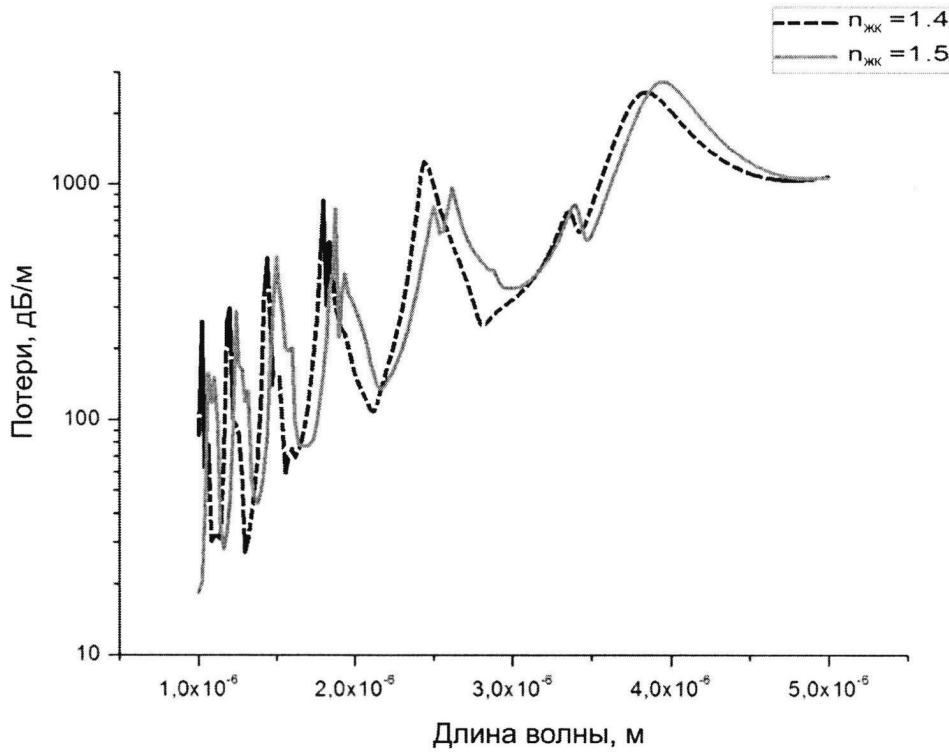
Фиг. 2



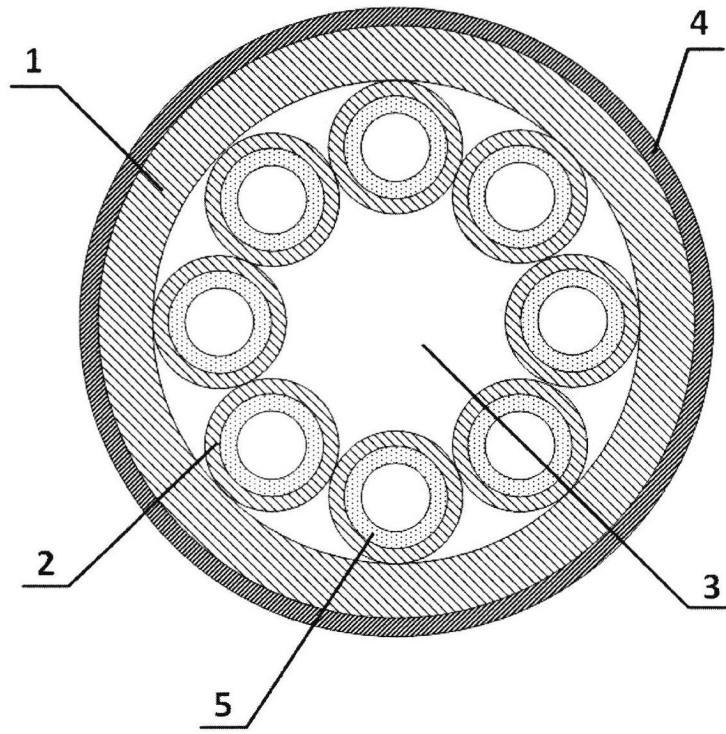
Фиг. 3



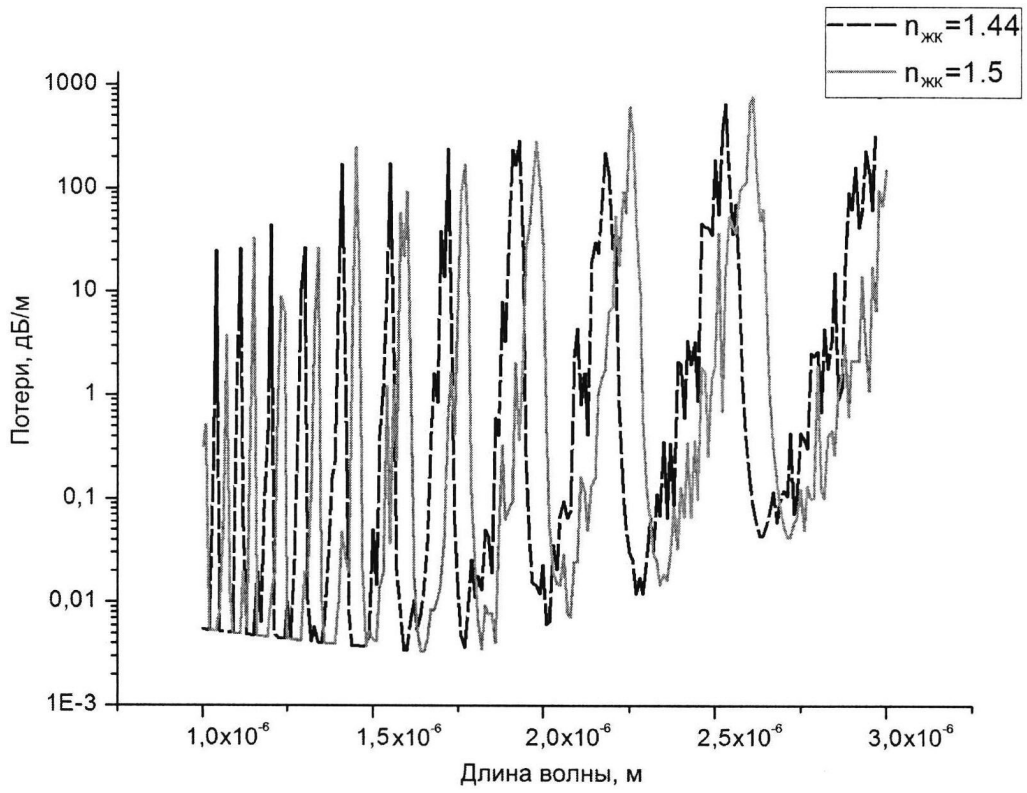
Фиг. 4



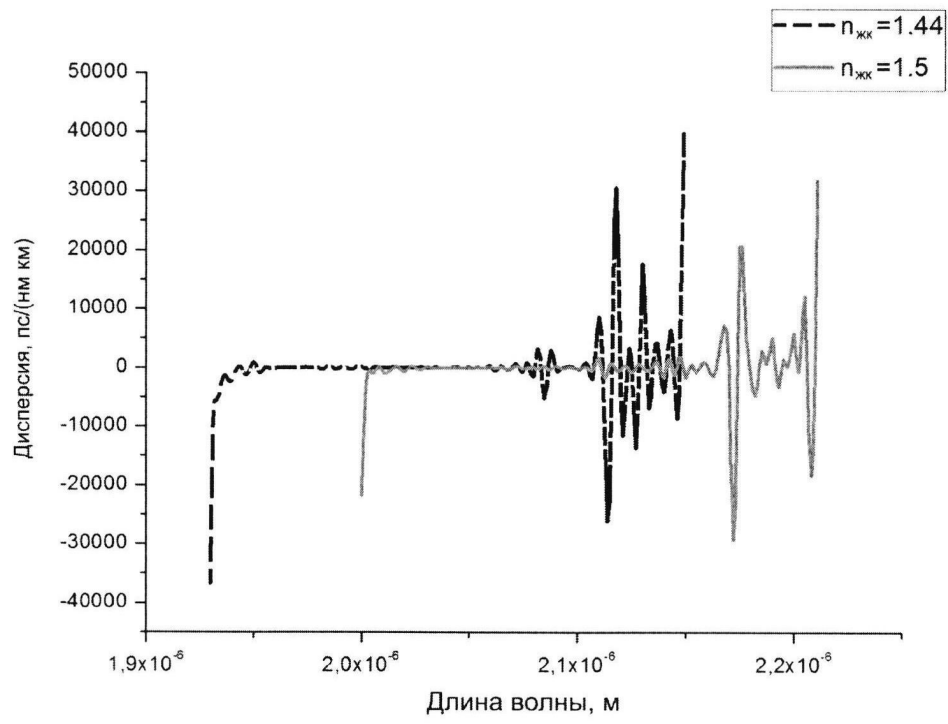
Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8