



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(19) **RU** (11) **2 399 071** (13) **C1**

(51) МПК
G02B 6/26 (2006.01)
G02B 5/28 (2006.01)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2008149660/28, 16.12.2008

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
16.12.2008

(45) Опубликовано: 10.09.2010 Бюл. № 25

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2126545 C1, 20.02.1999. RU 2316029 C1,
27.01.2008. RU 2330313 C1, 27.07.2008. SU
1626916 A1, 15.02.1994. JP 2008276074 A,
13.11.2008. US 2006171630 A1, 03.08.2003.

Адрес для переписки:

(72) Автор(ы):

Документ находится в Патентном отделе
ОКБ АСТРОН
140081, Московская область, г.Лыткарино,
ул.Парковая, д.1

(54) ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЙ СОЕДИНИТЕЛЬ

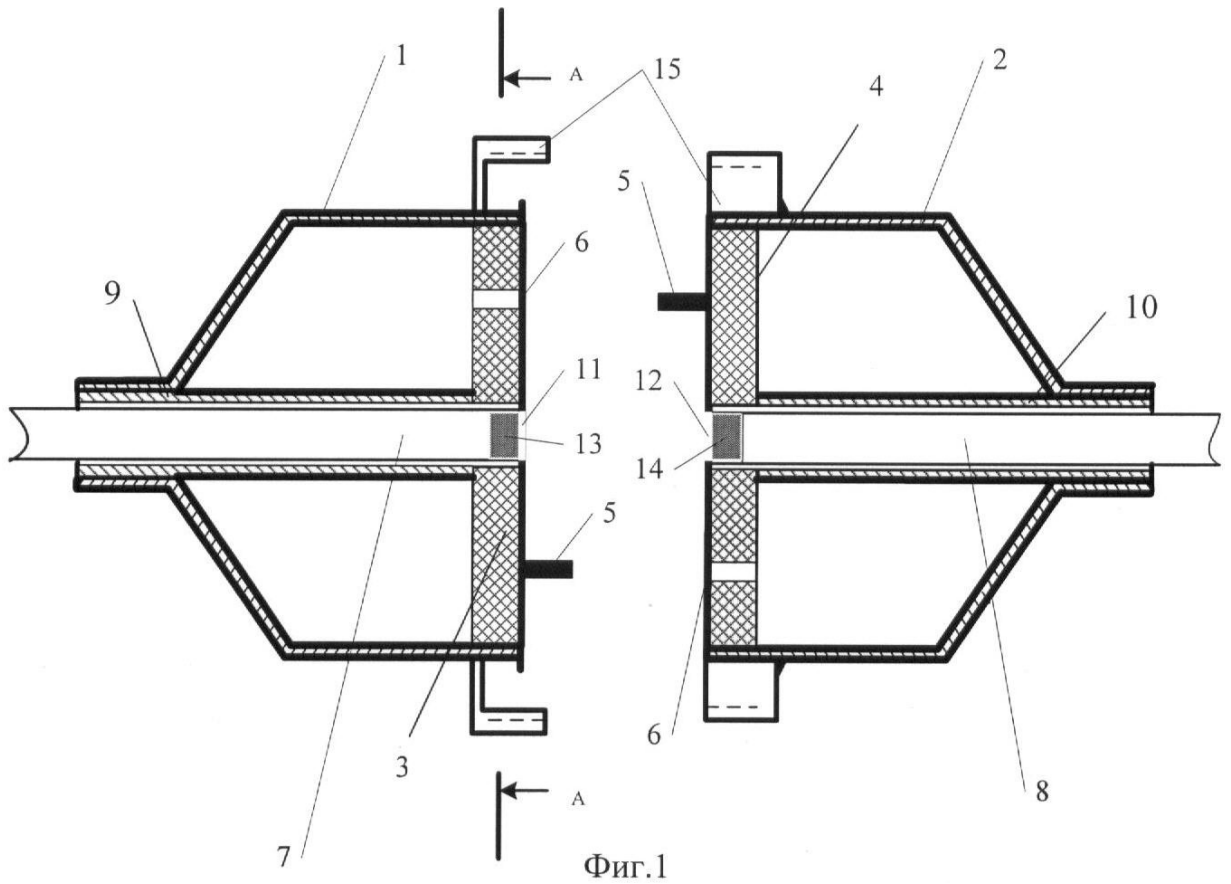
(57) Реферат: Волоконно-оптический
соединитель
содержит первую и вторую полумуфты для заделки
в них первого и второго отрезков оптического
волокна, на торцах которых установлены

первая и вторая пары
повышающего и понижающего оптических
многослойных трансформаторов. Между
внешними слоями первой и второй пар
оптических многослойных трансформаторов
выполнен воздушный зазор. Слои первой и
второй пар оптических многослойных
трансформаторов выполнены из материалов с
отличающимися показателями преломления и
отсчитываются от примыкающих к
воздушному зазору внешних слоев

понижающих трансформаторов первой и
второй пар оптических многослойных
трансформаторов в направлении к торцам
соединяемых отрезков оптического волокна.
Толщина каждого слоя составляет четверть
средней волны λ_0 сигнала, передаваемого по
оптическому волокну, а число слоев выбрано
из условий, приведенных в формуле
изобретения. Технический результат -
снижение уровня потерь мощности,
возникающих из-за недостаточно плотного
контактного или сварочного соединения, в
месте соединения, а также расширение
арсенала средств данного назначения. 3 з.п. ф-
лы, 7 ил.

RU 2 399 071 C1

RU 2 399 071 C1



Фиг.1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.
G02B 6/26 (2006.01)
G02B 5/28 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: **2008149660/28, 16.12.2008**

(24) Effective date for property rights:
16.12.2008

(45) Date of publication: **10.09.2010 Bull. 25**

Mail address:

(72) Inventor(s):

Документ находится в Патентном отделе
ОКБ АСТРОН
140081, Московская область, г.Лыткарино,
ул.Парковая, д.1

(54) FIBRE-OPTIC CONNECTOR

(57) Abstract:

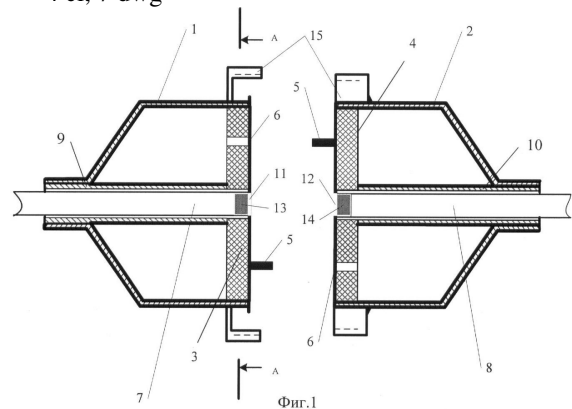
FIELD: physics.

SUBSTANCE: fibre-optic connector has first and second half couplings for sealing first and second sections of optical fibre on whose butt ends there are first and second pairs of step-up and step-down optical multi-layer transformers. There is an air gap between the outer layers of the first and second pairs of optical multi-layer transformers. Layers of the first and second pairs of optical multi-layer transformers are made from materials with different refraction indices and are measured from outer layers of step-down transformers of the first and second pairs of optical multi-layer transformers adjacent to the air gap towards the butt ends joined to optical fibre sections. Thickness of each layer is equal to a quarter of the medium wave X_0 of the signal transmitted over the optical fibre and the number of

layers is selected based on conditions given in the formula of invention.

EFFECT: lower level of power loss arising due to insufficiently close contact or welded joint at the position of the joint and wider range of apparatus for this purpose.

4 cl, 7 dwg



RU 2399071 C1

RU 2399071 C1

Изобретение относится к области техники волоконно-оптических систем передачи, в частности к волоконно-оптическим соединителям, реализуемым с использованием нанотехнологий

Известны оптические соединители (ОС) контактного типа, в которых минимум потерь мощности в соединителях достигается за счет увеличения плотности прилегания соединяемых оптических волокон (ОВ) друг к другу по всей поверхности торцов ОВ.

Известно устройство для соединения световодов (см. патент США №5857045, МПК G02B 6/38, опубл. 20.05.1997 г.).

Известное устройство включает гнездо, состоящее из первого тела заранее определенной длины, снабженное канавками, прорезанными по длине через центр контактной поверхности, и второго тела аналогичного первому, расширяющие элементы для разделения первого и второго тела и обеспечивающие ввод световодов в прорезанные канавки и средства изгиба, расширяющие внешнюю поверхность гнезда розетки, которая надежно удерживает первое и второе тела вместе и обеспечивает необходимую силу фиксации.

Недостатком данного устройства для соединения световодов относительно высокий уровень потерь в соединителе.

Известен также соединитель для оптического волокна с отделяющейся системой (см. патент США №5067783, МПК G02B 6/36 от 16.10.1990 г.).

Известный соединитель оптических волокон содержит две собранных втулки, по крайней мере, одна из них содержит фиксирующий ключ. Соединитель снабжен отдельным блоком, содержащим трубчатую часть, снабженную продольным шпоночным пазом и фиксатором.

Недостатком данного соединителя световодов является относительно высокий уровень потерь в месте соединения световодов.

Наиболее близким по своей технической сущности к заявленному волоконно-оптическому соединителю является волоконно-оптический соединитель возвратно-поступательного действия (см. патент РФ №2126545, МПК G02B 6/38).

Волоконно-оптический соединитель-прототип содержит каркас, первую и вторую полумуфты для заделки в них соответственно первого и второго отрезков оптического волокна и фиксатор. Фиксатор выполнен в виде двух гибких рычагов защелки, прикрепленных к наружной поверхности полумуфты. Отсоединение соединителя от розеточной части производится оттягиванием полумуфт, в результате чего скошенные поверхности каркаса взаимодействуют с рычагами защелки, поднимая их и освобождая от язычков розеточной части.

Недостатком известного волоконно-оптического соединителя является: относительно высокий уровень потерь мощности сигнала, обусловленной неустойчивостью соединения. Кроме того, изменение сопротивления контактного перехода из-за неплотного прилегания торцов ОВ, приводит к искажению сигнала.

Целью изобретения является разработка волоконно-оптического соединителя, обеспечивающего снижение уровня потерь мощности в месте соединения в заданном диапазоне длин волн для широкого класса волоконно-оптических соединителей при реализуемых на практике технологиях достижения требуемых показателей преломления. Заявленное устройство расширяет арсенал средств данного назначения.

Поставленная цель достигается тем, что в известном волоконно-оптическом соединителе, содержащем первую и вторую полумуфты для заделки в них соответственно первого и второго отрезков оптического волокна и фиксатор,

скрепляющий первую и вторую полумуфты, в раскрыв каждой полумуфты установлена заглушка, конгруэнтная раскрыву полумуфты. Каждая полумуфта снабжена направляющими элементами и отверстием для оптического волокна. Дополнительно на торцах первого и второго отрезков оптических волокон 5 установлены каскадно-соединенные соединенные соответственно первая пара повышающего и понижающего и вторая пара повышающего и понижающего оптических многослойных трансформаторов, число слоев понижающего и 10 повышающего трансформаторов первой пары выбраны соответственно N_{11} и N_{12} , а число слоев понижающего и повышающего трансформаторов второй пары выбраны соответственно N_{21} и N_{22} . При этом в собранном виде соединителя между внешними слоями первой и второй пар ОмСТ выбран воздушный зазор размером $\Delta=(1...2000)\lambda_0$. Слои первой и второй пар ОмСТ выполнены из материалов с отличающимися 15 показателями преломления соответственно n_{11i} , n_{12j} и n_{21k} , n_{22t} , где $i=1,2,...N_{11}$, $j=1,2,...N_{12}$ номера слоев соответственно в понижающем и повышающем трансформаторах первой пары ОмСТ, а $k=1,2,...N_{21}$ и $t=1,2,...N_{22}$ номера слоев соответственно в понижающем и повышающем трансформаторах второй пары ОмСТ, отсчитываемых от примыкающих к воздушному зазору внешних слоев 20 понижающих трансформаторов первой и второй пар ОмСТ в направлении к торцам соответственно первого и второго соединяемых отрезков оптического волокна, а $N_{11}=N_{12}$ и $N_{21}=N_{22}$. Толщина каждого слоя составляет четверть средней волны λ_0 сигнала, передаваемого по оптическому волокну. Число слоев N_{11} , N_{12} , N_{21} и N_{22} 25 выбраны из условий

$$N_{11} = N_{12} = \lg \left[\frac{10^{0,05n_{ов1}} - 1}{10^{0,05\Delta a_1} - 1} \right]; \quad (1)$$

$$N_{21} = N_{22} = \lg \left[\frac{10^{0,05n_{ов2}} - 1}{10^{0,05\Delta a_2} - 1} \right]. \quad (2)$$

где $n_{ов1}$ и $n_{ов2}$ - показатели преломления оптических волокон первого и второго 30 соединяемых отрезков оптического волокна, а Δa_1 и Δa_2 - предварительно заданные значения рабочего затухания соответственно в первой и второй парах ОмСТ.

В соединителе фиксатор выполнен в виде первого и второго цилиндров, установленных на внешней поверхности соответственно первой и второй полумуфт. Цилиндры снабжены резьбовым соединением.

Показатели преломления i -го, j -го и k -го, t -го слоев понижающего n_{11i} 35 повышающего n_{12j} трансформаторов, принадлежащих первой паре оптических многослойных трансформаторов, и понижающего n_{21k} и повышающего n_{22t} трансформаторов, принадлежащих второй паре оптических многослойных трансформаторов, вычисляются по формулам: 40

$$n_{11i} = \sqrt[2N_1]{G_1^{2i-1} g_1^{2(N_{11}+1)-4i}}; \quad (3)$$

$$n_{12j} = n_{11(N_{11}-j+1)} \sqrt[2N_1]{G_1^{2j-1} g_1^{2(N_{12}+1)-4j}}; \quad (4)$$

$$n_{21k} = \sqrt[2N_2]{G_2^{2k-1} g_2^{2(N_{21}+1)-4k}}; \quad (5)$$

$$n_{22t-k} = n_{21(N_{21}-t+1)} \sqrt[2N_2]{G_2^{2t-1} g_2^{2(N_{22}+1)-4t}}, \quad (6)$$

$$n_{11.1} = n_{\min 1}, \quad n_{21.1} = n_{\min 2}, \quad (7)$$

где $G_1 = n_{\min 1}^{2N_{11}} / g_1^{2(N_{11}-1)}$ и $G_2 = n_{\min 2}^{2N_{21}} / g_2^{2(N_{21}-1)}$ - характеристические показатели преломления соответственно в первой и во второй парах ОМСТ в точках соединения их понижающих и повышающих ОМСТ, $g_1 = 10^{\Delta\alpha_1/20} + \sqrt{10^{\Delta\alpha_1/10} - 1}$ и

$g_2 = 10^{\Delta\alpha_2/20} + \sqrt{10^{\Delta\alpha_2/10} - 1}$ - характеристические показатели преломления соответственно первой и второй пар ОМСТ, в сечениях, примыкающих к воздушному зазору, а $n_{\min 1}$ и $n_{\min 2}$ - предварительно заданные минимально допустимые значения реализуемых показателей преломления слоев, примыкающих к воздушному зазору соответственно первой и второй пар ОМСТ.

Благодаря указанной новой совокупности существенных признаков обеспечивается плавное согласование волновых сопротивлений соединяемых отрезков оптического кабеля путем последовательной повышающей и понижающей трансформации показателей преломления оптических волокон до значения показателя преломления воздуха при использовании материалов слоев с практически реализуемыми значениями показателей преломления. Это позволяет обеспечить согласованное бесконтактное соединение оптических волокон и, следовательно, снизить потери мощности сигнала в соединителе.

Заявленный волоконно-оптический соединитель поясняется чертежами, на которых показаны:

- на фиг.1 - общий вид соединителя;
- на фиг.2 - вид поперечного сечения полумуфты;
- на фиг.3 - рисунок, поясняющий общую схему соединителя;
- на фиг.4 - профиль показателей преломления оптических многослойных трансформаторов;
- на фиг.5 - требования к частотной характеристике затухания ОМСТ1 (ОМСТ2);
- на фиг.6 - рассчитанная частотная характеристика затухания волоконно-оптического соединителя при воздушном зазоре - $\Delta=200\lambda_0$;
- на фиг.7 - расчетная волновая характеристика затухания волоконно-оптического соединителя при воздушном зазоре $\Delta=2000\lambda_0$.

Заявленный волоконно-оптический соединитель, показанный на фиг.1, состоит из первой 1 и второй 2 полых полумуфт. В раскрытых полумуфтах 1 и 2 установлены заглушки 3 и 4. Заглушки 3 и 4 снабжены направляющими элементами в виде штырей 5 и соответствующих им отверстий 6 (см. также фиг.2). Соединяемые отрезки оптических волокон 7 и 8 установлены в полостях соответственно первой 1 и второй 2 полумуфт. Для исключения возможной деформации соединяемых отрезков оптических волокон 7, 8 в полости полумуфт 1 и 2 могут быть установлены направляющие цилиндрические трубки 9 и 10. Заглушки 3, 4 снабжены отверстиями 11, 12 диаметром d , соответствующему диаметру поперечного сечения отрезков оптических волокон 7, 8. На торцах соединяемых отрезков оптических волокон 7 и 8, имеющих показатели преломления $n_{ов1}$ и $n_{ов2}$, установлены каскадно-соединенные соответственно первая пара повышающего и понижающего 13 и вторая пара повышающего и понижающего 14 оптических многослойных трансформаторов (ОМСТ), состоящих из N_{11} и N_{12} слоев соответственно понижающего и повышающего трансформаторов первой пары ОМСТ и из N_{21} и N_{22} слоев соответственно понижающего и повышающего трансформаторов второй пары ОМСТ, причем слои первой и второй пар ОМСТ выполнены из материалов с отличающимися показателями преломления соответственно n_{11i} , n_{12j} и n_{21k} , n_{22l} , где $i=1,2,\dots,N_{11}$, $j=1,2,\dots,N_{12}$ номера слоев соответственно в понижающем и повышающем

трансформаторах первой пары ОМСТ, а $k=1,2,\dots,N_{21}$ и $t=1,2,\dots,N_{22}$ номера слоев соответственно в понижающем и повышающем трансформаторах второй пары ОМСТ, отсчитываемых от примыкающих к воздушному зазору внешних слоев понижающих трансформаторов первой и второй пар ОМСТ в направлении к торцам

5 соответственно первого и второго соединяемых отрезков оптического волокна, а $N_{11}=N_{12}$ и $N_{21}=N_{22}$, причем толщина каждого слоя составляет четверть средней волны λ_0 сигнала, передаваемого по оптическому волокну, а число слоев N_{11} , N_{12} , N_{21} и N_{22} , выбраны из условий (1) и (2).

10 Полумуфты 1 и 2 снабжены фиксатором 15. В частности, фиксатор 15 выполнен в виде первого и второго цилиндров, установленных на внешней поверхности соответственно первой и второй полумуфт 1, 2. Один из цилиндров зафиксирован на внешней поверхности одной из полумуфт (на фиг.1 на второй полумуфте 2), а другой установлен с возможностью его перемещения вдоль полумуфты (на фиг.1 - первой 1).

15 Полумуфты 1, 2 скрепляют с помощью имеющихся на цилиндрах резьбовых соединений. Диаметр D полумуфт 1 и 2 выбирают из технологических условий их эксплуатации, например, в интервале $D=1\div 4$ см. Отрезки оптических волокон 7 и 8 устанавливают в полумуфтах 1 и 2 таким образом, чтобы при этом в собранном виде

20 соединителя между внешними слоями первой и второй пар ОМСТ 13 и 14 оставался воздушный зазор Δ в пределах $(1-2000)\lambda_0$ (см. также фиг.3 и фиг.4). Толщина d каждого из слоев первой 13 и второй 14 пар ОМСТ выбрана равной четверти длины волны λ_0 сигнала, передаваемого по оптическим волокнам, т.е. $d=0.25\lambda$ (фиг.3).

25 Число слоев N_{11} и N_{12} первой пары 13 и N_{21} и N_{22} второй пары 14 ОМСТ выбраны из условий (1) и (2), исходя из предварительно заданных допустимых уровней рабочего затухания $\Delta\alpha_1$ и $\Delta\alpha_2$ в соответствующих первой 13 и второй 14 парах ОМСТ.

Показатели преломления n_{1i} и n_{2j} i -го j -го слоев 16, принадлежащих соответственно первому 13 и второму 14 ОМСТ, вычисляют по формулам (3) и (4).

30 Заявленный волоконно-оптический соединитель работает следующим образом. Основными проблемами при соединении двух отрезков оптических волокон являются снижение потерь мощности сигнала в месте их соединения и невозможность изготовления слоев трансформаторов из материалов с использованием расчетных значений показателей преломления, не входящих в набор практически реализуемых

35 значений показателей преломления. Проблема потерь возникает из-за технологических сложностей обеспечения идеального совмещения поверхностей торцов соединяемых отрезков оптических волокон, из-за неустранимых шероховатостей торцевых поверхностей и, как следствие, рассеяние значительной доли

40 мощности. Потери существенно возрастают при соединении отрезков оптических волокон с отличающимися показателями преломления $n_{об1}$ и $n_{об2}$ из-за скачкообразного изменения показателей преломления материалов оптических волокон. Проблема несоответствия расчетных и реализуемых значений показателей преломления возникает в случаях, когда расчетный показатель преломления

45 $n_{расч}<1,35$, где число 1,35 определяет нижнюю границу набора реализуемых значений показателей преломления в интервале $1,35<n_{расч}<2,5$ [Путилин Э.С. "Оптические покрытия". Учебное пособие по курсу "Оптические покрытия". СПб: СПбГУИТМО, 2005].

50 В заявленном соединителе влияние указанных причин потерь мощности в значительной мере устраняется. Это объясняется следующим. Отрезки оптических волокон 7 и 8 закрепляют соответственно в первой и второй полумуфтах. На торцах отрезков оптических волокон 7 и 8 устанавливают первую пару понижающего и

повышающего ОМСТ 13 и вторую пару понижающего и повышающего ОИСТ 14 (см. также фиг.3 и фиг.4). Функциональное назначение первой пары ОМСТ (см. фиг.3) заключается в предварительном повышении показателя преломления воздуха с помощью N_{11} слоев ($i=1, 2, \dots, N_{11}$) повышающего трансформатора от $n_0=1,0003$ до значения характеристического показателя преломления G_1 , причем значение показателя преломления материала первого ($i=1$) слоя выбирается минимально допустимым $n_{11,1}=n_{\min 1} \geq 1,35$, и последующем понижении характеристического показателя преломления с помощью N_{12} слоев ($j=1, 2, \dots, N_{12}$) понижающего трансформатора от G_1 до значения показателя преломления $n_{об1}$ первого оптического волокна 7 (см. фиг.1 и фиг.4). Вторая пара ОМСТ (см. фиг.3) решает аналогичную задачу: повышает показатель преломления воздуха в зазоре Δ с помощью N_{21} слоев ($k=1, 2, \dots, N_{21}$) повышающего трансформатора от $n_0=1,0003$ до значения характеристического показателя преломления G_2 (см. фиг.4), причем значение показателя преломления материала первого ($k=1$) слоя выбирается минимально допустимым $n_{21,1}=n_{\min 2} \geq 1,35$, и последующем понижении характеристического показателя преломления с помощью N_{22} слоев ($t=1, 2, \dots, N_{22}$) понижающего трансформатора от G_2 до значения показателя преломления $n_{об2}$ второго оптического волокна 8 (см. фиг.1 и фиг.4). Полное согласование первого 7 и второго 8 оптических волокон обеспечивается при воздушном зазоре Δ . Это упрощает собственно конструкцию соединителя и его эксплуатацию в полевых условиях.

Порядок изготовления ОМСТ1 (ОМСТ2) можно показать на примере его расчета с характеристикой Чебышева [Лапшин Б.А. Новая теория и расчет фильтров и трансформаторов на отрезках передающих линий. - СПб.: Наука, 1998], при этом решаются две задачи: задача согласованного включения двух оптических волокон 7 и 8 (см. фиг.1), разделенных воздушным зазором Δ (см. фиг.3), и задача возможности построения оптических трансформаторов на слоях из материалов с реализуемыми показателями преломления.

Пусть необходимо получить волоконно-оптический соединитель с частотной характеристикой затухания, показанной на фиг.5 при следующих исходных данных:

- показатели преломления материалов первого и второго оптических волокон $n_{об1}=n_{об2}=1,47$;
- максимально допустимое затухание волоконно-оптического соединителя $\alpha=0,02$ дБ в интервале длин волн от 1613 нм до 820 нм, при средней длине волны $\lambda_0=1087$ нм; что соответствует диапазону частот от 206 ТГц до 346 ТГц и средней частоте $f_0=276$ ТГц;
- значения показателей преломления слоев оптических многослойных покрытий должны находиться в реализуемых пределах 1,35...2,5.

С учетом заданных условиями задачи значений $n_{об1}$, $n_{об2}$ и α из формул (1) и (2), при $\Delta\alpha=0,016$ дБ, определяют число слоев повышающих и понижающих оптических трансформаторов: $N_{11}=N_{12}=N_{21}=N_{22}=2$. Задаются минимально допустимым реализуемым значением показателя преломления внешних слоев повышающих трансформаторов первого и второго оптических многослойных покрытий $n_{11,1}=n_{21,1}=1,35$. Вспомогательные коэффициенты G_1 и G_2 - характеристические показатели преломления понижающего и повышающего трансформаторов в точках их виртуального соединения соответственно первого и второго оптических многослойных покрытий определяют из формул (3)...(6).

$$G_1 = n_{\min 1}^{2N_{11}} / g_1^{2(N_{11}-1)} = 2,9417 \quad \text{и} \quad G_2 = n_{\min 2}^{2N_{21}} / g_2^{2(N_{21}-1)} = 2,9417, \quad \text{где } g_1=g_2=1,0626.$$

Тогда по формулам (3)...(6) определяют значения показателей преломления каждого слоя соответственно: $n_{11,1}=1,35$; $n_{11,2}=2,1790$; $n_{12,1}=2,3994$; $n_{12,2}=1,8023$; $n_{21,1}=1,35$; $n_{21,2}=2,1790$; $n_{22,1}=2,3994$; $n_{22,2}=1,8023$.

На фиг.6 приведена расчетная частотная характеристика затухания волоконно-оптического соединителя с величиной воздушного зазора $\Delta=200\lambda_0=200\times 1,087=217,4$ мкм=0,2174 мм. Максимальное затухание в заданном диапазоне частот от 206 ТГц до 346 ТГц (в диапазоне длин волн от 1465 нм до 867 нм) составляет $\alpha=0,0188$ дБ, что удовлетворяет заданному требованию $\alpha=0,02$ дБ.

На фиг.7 приведена расчетная волновая характеристика затухания волоконно-оптического соединителя с величиной воздушного зазора $\Delta=200\lambda_0=200\times 1,087=217,4$ мкм=2,174 мм. Максимальное затухание в заданном диапазоне частот от 206 ТГц до 346 ТГц (в диапазоне длин волн от 1465 нм до 867 нм) составляет $\alpha=0,0188$ дБ, что также удовлетворяет заданному требованию $\alpha=0,02$ дБ.

Результаты расчета рабочего затухания волоконно-оптического соединителя, приведенные на фиг.6 и фиг.7, свидетельствуют о малой зависимости затухания заявленного волоконно-оптического соединителя от величины Δ воздушного зазора, что гарантирует надежное соединение ОВ в экстремальных условиях строительства и эксплуатации волоконно-оптических кабелей связи.

Приведенный пример свидетельствует о возможности построения волоконно-оптических соединителей с малыми потерями мощности за счет отражений в заданном диапазоне длин волн. При использовании заявленного волоконно-оптического соединителя возможно достижение сформулированного технического результата в любом выбранном диапазоне длин волн (инфракрасном, видимом, ультрафиолетовом) на слоях из материалов с реализуемыми значениями показателей преломления.

Формула изобретения

1. Волоконно-оптический соединитель, содержащий первую и вторую полумуфты для заделки в них соответственно первого и второго отрезков оптического волокна и фиксатор, скрепляющий первую и вторую полумуфты, отличающийся тем, что в раскрытой каждой полумуфты установлена заглушка, конгруэнтная раскрытию полумуфты, снабженная направляющими элементами и отверстием для оптического волокна, дополнительно на торцах первого и второго отрезков оптических волокон установлены каскадно-соединенные соответственно первая пара повышающего и понижающего и вторая пара повышающего и понижающего оптических многослойных трансформаторов, число слоев понижающего и повышающего трансформаторов первой пары выбраны соответственно N_{11} и N_{12} , а число слоев понижающего и повышающего трансформаторов второй пары выбраны соответственно N_{21} и N_{22} , при этом в собранном виде соединителя между внешними слоями первой и второй пар оптических многослойных трансформаторов выбран воздушный зазор размером Δ , причем слои первой и второй пар оптических многослойных трансформаторов выполнены из материалов с отличающимися показателями преломления соответственно n_{11i} , n_{12j} и n_{21k} , n_{22t} , где $i=1, 2, \dots, N_{11}$, $j=1, 2, \dots, N_{12}$ - номера слоев соответственно в понижающем и повышающем трансформаторах первой пары оптических многослойных трансформаторов, а $k=1, 2, \dots, N_{21}$ и $t=1, 2, \dots, N_{22}$ - номера слоев соответственно в понижающем и повышающем трансформаторах второй пары оптических многослойных трансформаторов, отсчитываемых от примыкающих к воздушному зазору внешних слоев понижающих

трансформаторов первой и второй пар оптических многослойных трансформаторов в направлении к торцам соответственно первого и второго соединяемых отрезков оптического волокна, а $N_{11}=N_{12}$ и $N_{21}=N_{22}$, причем толщина каждого слоя составляет четверть средней волны λ_0 сигнала, передаваемого по оптическому волокну, а число

слоев N_{11} , N_{12} , N_{21} и N_{22} выбраны из условий

$$N_{11} = N_{12} = \lg \left[\frac{10^{0,05n_{ОВ1}} - 1}{10^{0,05\Delta\alpha_1} - 1} \right]; \quad (1)$$

$$N_{21} = N_{22} = \lg \left[\frac{10^{0,05n_{ОВ2}} - 1}{10^{0,05\Delta\alpha_2} - 1} \right], \quad (2)$$

где $n_{ОВ1}$ и $n_{ОВ2}$ - показатели преломления оптических волокон первого и второго соединяемых отрезков оптического волокна, а $\Delta\alpha_1$ и $\Delta\alpha_2$ - предварительно заданные значения рабочего затухания соответственно в первой и второй парах оптических многослойных трансформаторов.

2. Соединитель по п.1, отличающийся тем, что фиксатор выполнен в виде первого и второго цилиндров, установленных на внешней поверхности соответственно первой и второй полумуфт и снабженных резьбовым соединением.

3. Соединитель по п.1, отличающийся тем, что зазор Δ выбран в интервале $\Delta = (1 \dots 2000)\lambda_0$.

4. Соединитель по п.1, отличающийся тем, что показатели преломления i -го, j -го и k -го, t -го слоев понижающего n_{11i} и повышающего n_{12j} трансформаторов, принадлежащих первой паре оптических многослойных трансформаторов, и понижающего n_{21k} и повышающего n_{22t} трансформаторов, принадлежащих второй паре оптических многослойных трансформаторов, вычисляются по формулам:

$$n_{11i} = \sqrt[2N_{11}]{G_1^{2i-1} g_1^{2(N_{11}+1)-4i}};$$

$$n_{12,j=i} = n_{11}(N_{11}-j+1) \sqrt[2N_{12}]{G_1^{2j-1} g_1^{2(N_{12}+1)-4j}};$$

$$n_{21k} = \sqrt[2N_{21}]{G_2^{2k-1} g_2^{2(N_{21}+1)-4k}};$$

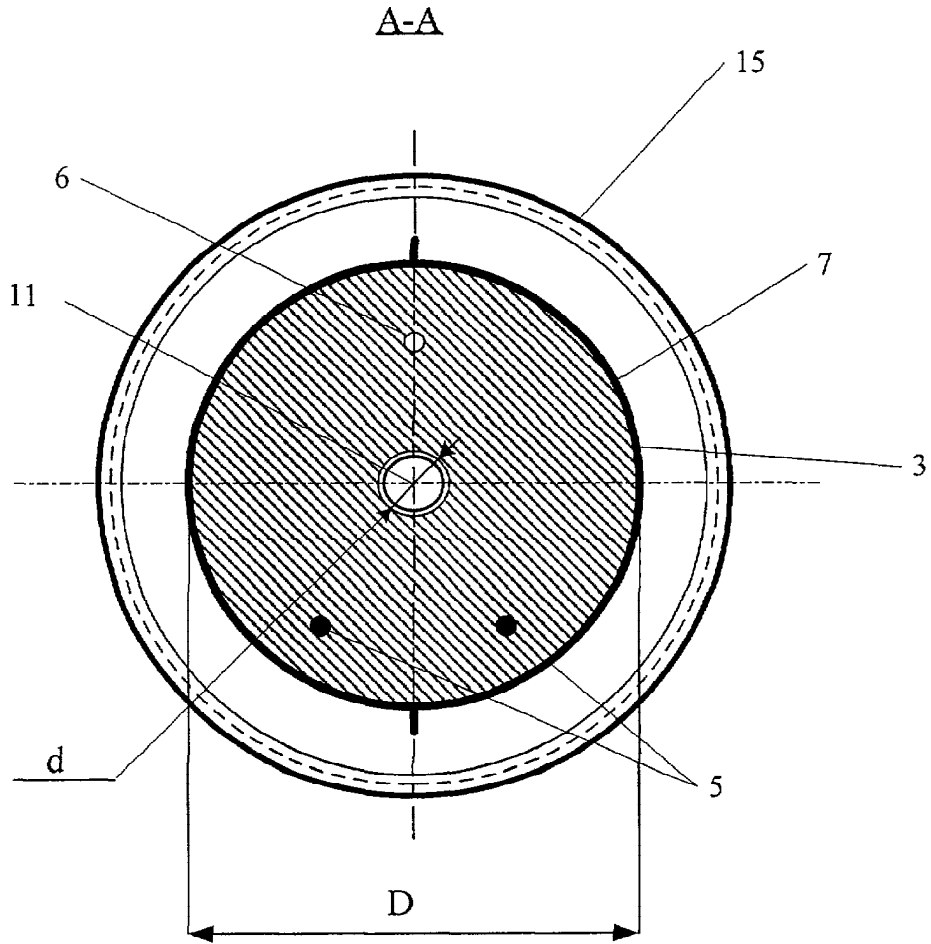
$$n_{22,t=k} = n_{21}(N_{21}-t+1) \sqrt[2N_{22}]{G_2^{2t-1} g_2^{2(N_{22}+1)-4t}};$$

$$n_{11,1} = n_{\min 1}, \quad n_{21,1} = n_{\min 2},$$

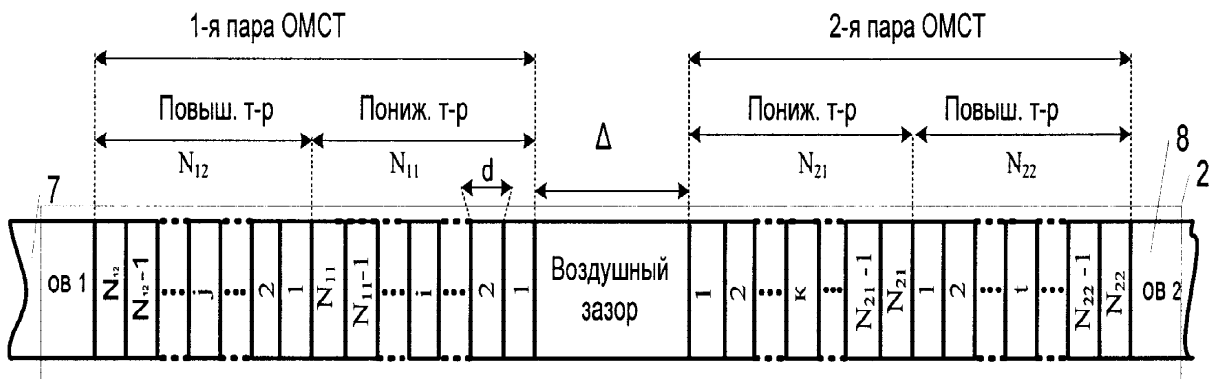
где $G_1 = n_{\min 1}^{2N_{11}} / g_1^{2(N_{11}-1)}$ и $G_2 = n_{\min 2}^{2N_{21}} / g_2^{2(N_{21}-1)}$ - характеристические показатели преломления соответственно в первой и во второй парах оптических многослойных трансформаторов в точках соединения их понижающих и повышающих оптических многослойных трансформаторов,

$$g_1 = 10^{\Delta\alpha_1 / 20} + \sqrt{10^{\Delta\alpha_1 / 10} - 1} \quad \text{и} \quad g_2 = 10^{\Delta\alpha_2 / 20} + \sqrt{10^{\Delta\alpha_2 / 10} - 1}$$

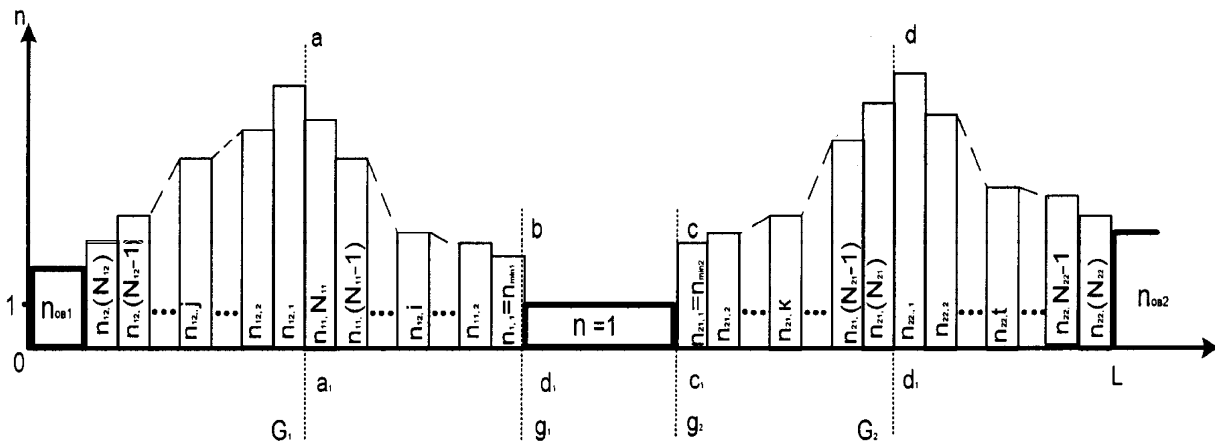
характеристические показатели преломления соответственно первой и второй пар оптических многослойных трансформаторов, в сечениях, примыкающих к воздушному зазору, а $n_{\min 1}$ и $n_{\min 2}$ - предварительно заданные минимально допустимые значения реализуемых показателей преломления слоев, примыкающих к воздушному зазору, соответственно первой и второй пар оптических многослойных трансформаторов.



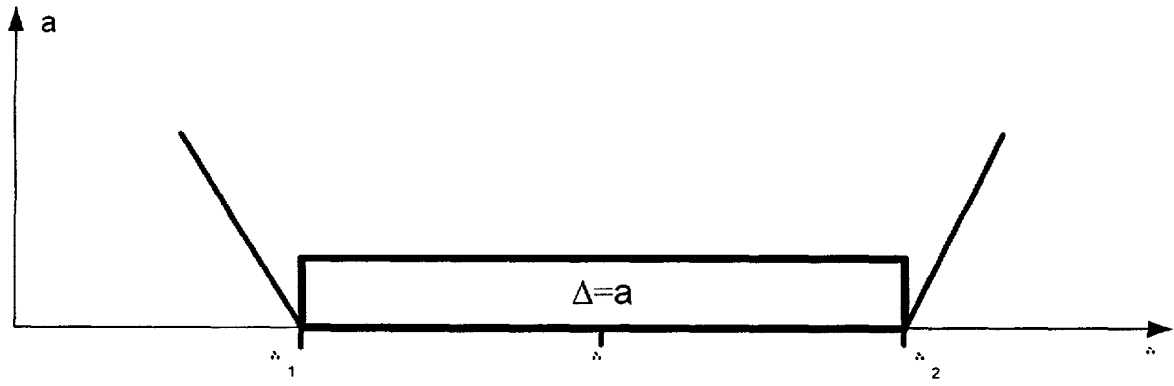
Фиг.2



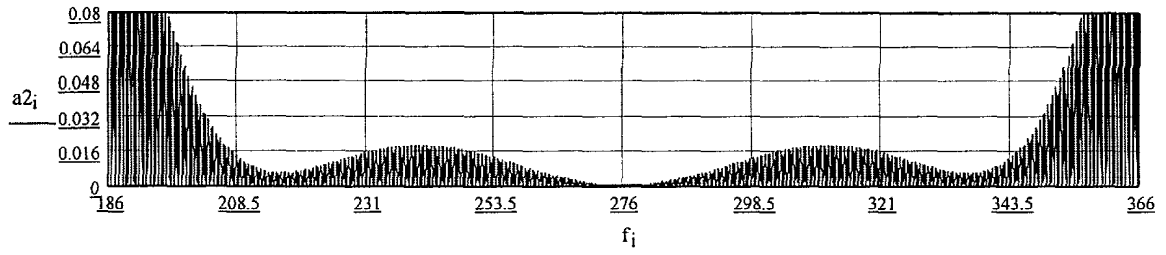
Фиг.3



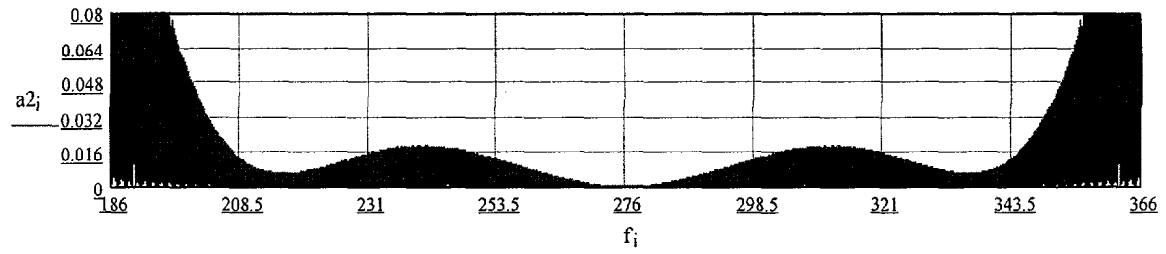
Фиг.4



Фиг.5



Фиг.6



Фиг.7