



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ(21)(22) Заявка: **2009106541/28**, **24.02.2009**(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
24.02.2009

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **24.02.2009**(43) Дата публикации заявки: **27.08.2010** Бюл. № 24(45) Опубликовано: **27.02.2011** Бюл. № 6(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2340920 C1**, **10.12.2008**. **JP 3210783 A**, **13.09.1991**. **US 5186870 A**, **16.02.1993**. **US 4955689 A**, **11.09.1990**. **RU 2288489 C1**, **27.11.2006**.

Адрес для переписки:

**620002, г.Екатеринбург, К-2, ул. Мира, 19,
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования "Уральский
федеральный университет имени первого
Президента России Б.Н. Ельцина", Центр
интеллектуальной собственности**

(72) Автор(ы):

**Чазов Андрей Игоревич (RU),
Жукова Лия Васильевна (RU),
Корсаков Александр Сергеевич (RU),
Жуков Владислав Васильевич (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
"Уральский федеральный университет имени
первого Президента России Б.Н. Ельцина"
(RU)**

(54) ОДНОМОДОВЫЙ ДВУХСЛОЙНЫЙ КРИСТАЛЛИЧЕСКИЙ ИНФРАКРАСНЫЙ СВЕТОВОД

(57) Реферат:

Изобретение относится к одномодовым двухслойным кристаллическим инфракрасным световодам для спектрального диапазона от 2 до 45 мкм и может использоваться для изготовления волоконных кабелей тепловидения, сенсоров и волоконных лазеров среднего ИК-диапазона спектра, элементов фильтров пространственных частот. Световод на основе твердых растворов бромид серебра - йодид одновалентного таллия имеет сердцевину диаметром от 10 до 130 мкм, содержащую ингредиенты при следующем соотношении, в мас. %: бромид серебра 97,0-90,0, йодид одновалентного таллия 3,0-10,0. Оболочка выполнена двухслойной. Первый

слой оболочки диаметром от 100 до 300 мкм выполнен из твердых растворов бромид серебра - йодид одновалентного таллия при следующем соотношении ингредиентов, в мас. %: бромид серебра 99,5-97,0, йодид одновалентного таллия 0,5-3,0. Второй слой оболочки диаметром от 0,9 до 1,15 мм выполнен из твердых растворов бромид серебра - йодид одновалентного таллия при следующем соотношении ингредиентов, в мас. %: бромид серебра 94,0-98,0, йодид одновалентного таллия 6,0-2,0. Технический результат - расширение спектрального диапазона прозрачности световода, повышение его фотостойкости и твердости, а также позволяет подавить процесс диффузии между

сердцевиной и оболочкой. Это обеспечивает четкую круглую границу между сердцевиной и

оболочкой.

R U 2 4 1 3 2 5 7 C 2

R U 2 4 1 3 2 5 7 C 2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) ABSTRACT OF INVENTION(21)(22) Application: **2009106541/28, 24.02.2009**(24) Effective date for property rights:
24.02.2009

Priority:

(22) Date of filing: **24.02.2009**(43) Application published: **27.08.2010** Bull. 24(45) Date of publication: **27.02.2011** Bull. 6

Mail address:

**620002, g.Ekaterinburg, K-2, ul. Mira, 19,
Federal'noe gosudarstvennoe avtonomnoe
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego
professional'nogo obrazovanija "Ural'skij
federal'nyj universitet imeni pervogo Prezidenta
Rossii B.N. El'tsina", Tsentr intellektual'noj
sobstvennosti**

(72) Inventor(s):

**Chazov Andrej Igorevich (RU),
Zhukova Lija Vasil'evna (RU),
Korsakov Aleksandr Sergeevich (RU),
Zhukov Vladislav Vasil'evich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federal'noe gosudarstvennoe avtonomnoe
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego
professional'nogo obrazovanija "Ural'skij
federal'nyj universitet imeni pervogo Prezidenta
Rossii B.N. El'tsina" (RU)**

(54) SINGLE-MODE DOUBLE-LAYER CRYSTALLINE INFRARED OPTICAL WAVEGUIDE

(57) Abstract:

FIELD: physics.

SUBSTANCE: invention relates to a single-mode double-layer crystalline infrared optical waveguide for the 2-45 mcm spectral range and can be used to make thermal imaging fibre cables, sensors and optical fibre lasers for the middle infrared range and spatial filter elements. The optical waveguide based on solid solutions of silver bromide - thallium (I) iodide has a core with diametre of 10-130 mcm, having components in the following ratio in wt %: silver bromide 97.0-90.0, thallium (I) iodide 3.0-10.0. The cladding is double-layered. The first layer of the cladding with diametre of 100-300 mcm is made from solid solutions of silver bromide -

thallium (I) iodide, with the following ratio of components in wt %: silver bromide 99.5-97.0, thallium (I) iodide 0.5-3.0. The second layer of the cladding which has diametre of 0.9-1.15 mm is made from solution solutions of silver bromide - thallium (I) iodide, with the following ratio of components in wt %: silver bromide 94.0-98.0, thallium (I) iodide 6.0-2.0.

EFFECT: broader spectral range of transparency of the optical waveguide, increase in photo-resistance and hardness of the optical waveguide, possibility of inhibiting diffusion between the core and the cladding, a clear circular boundary between the core and cladding.

RU 2 4 1 3 2 5 7 C 2

RU 2 4 1 3 2 5 7 C 2

Изобретение относится к волоконно-оптическим системам связи, а именно к одномодовым двухслойным кристаллическим инфракрасным световодам для спектрального диапазона от 2 до 45 мкм, которые необходимы для изготовления волоконных кабелей тепловидения, сенсоров и волоконных лазеров среднего ИК-диапазона спектра и востребованы как элементы фильтров пространственных частот для проектов NASA и ESA по обнаружению и поиску планет, подобных Земле, так как космические объекты излучают именно в этом диапазоне спектра.

Свет в волокне распространяется в форме мод. Каждая мода имеет свою групповую скорость, что приводит к межмодовой дисперсии. В многомодовом оптическом волокне межмодовая дисперсия существенно ограничивает его информационную пропускную способность. Для ее полного исключения волокно необходимо спроектировать таким образом, чтобы в нем распространялась только одна мода [Дж. Гауэр. Оптические системы связи. Перевод с английского под редакцией А.И.Ларкина. М.: Радио и связь, 1989, с.141]. Это достигается уменьшением разности показателей преломления сердцевины и оболочки световода, уменьшением диаметра сердцевины световода или смещением рабочей длины волны световода в длинноволновый ИК-диапазон спектра.

Изготовление двухслойного световода возможно путем изменения показателей преломления сердцевины и оболочки, т.е. изменением химического состава сердцевины и оболочки световода. При изготовлении сердцевины световода используют примеси, повышающие показатель преломления [Дж. Гауэр. Оптические системы связи. Перевод с английского под редакцией А.И.Ларкина. М.: Радио и связь, 1989, с.52].

Известен световод для ИК-области спектра [Патент РФ №2174247 от 27.09.01. Световод для инфракрасной области спектра. // Жукова Л.В., Зелянский А.В., Жуков В.В., Китаев Г.А.], состоящий из сердцевины на основе твердых растворов AgCl-AgBr-AgI, взятых в определенных соотношениях, и отражающей оболочки. Но этот двухслойный световод является многомодовым.

Известно также инфракрасное одномодовое волокно с квадратным сечением на основе твердых растворов галогенидов серебра [<http://forc.gpi.ru/lab/ir/main2.html>]. Но в нем не указан состав кристалла. Кроме того, оно изготовлено с квадратным сечением, а не с круглым. Изготовить световод с круглым сечением легче технологически, например, методом экструзии.

Наиболее близким техническим решением является одномодовый двухслойный кристаллический инфракрасный световод, сердцевина которого диаметром 15-45 мкм выполнена из твердых растворов хлорид-бромид серебра, легированных йодидом одновалентного таллия при следующем соотношении ингредиентов, мас. %:

Хлорид серебра	19,5-15,0
Бромид серебра	80,0-82,0
Йодид одновалентного таллия	0,5-3,0

а оболочка диаметром 0,7-1,0 мм выполнена из твердых растворов хлорид-бромид серебра при следующем соотношении ингредиентов, мас. %:

Хлорид серебра	18,0-21,0
Бромид серебра	81,0-79,0

[Патент РФ №2340920. Заявл. 23.08.2007. Опубл. 10.12.2008. Бюл. №34].

Недостатком световода является проникновение в сердцевину внешнего излучения через оболочку вследствие высокой прозрачности данного световода, что приводит к

понижению его оптических характеристик. Кроме того, требуется расширить спектральный диапазон прозрачности световода, повысить его фотостойкость и механические свойства. Также необходимо добиться получения четко выраженной границы раздела сердцевины и оболочки, причем граница раздела должна иметь форму окружности.

Задачей изобретения является получение одномодового двухслойного кристаллического инфракрасного световода на основе твердых растворов бромид серебра - иодид одновалентного таллия, предназначенного для работы в спектральном диапазоне от 2 до 45 мкм.

Поставленная задача решается за счет того, что одномодовый двухслойный кристаллический инфракрасный световод на основе твердых растворов бромид серебра - иодид одновалентного таллия имеет сердцевину диаметром от 10 до 130 мкм, содержащую ингредиенты при следующем соотношении, в мас. %:

Бромид серебра	97,0-90,0
Иодид одновалентного таллия	3,0-10,0

а оболочка выполнена двухслойной, при этом первый слой оболочки диаметром от 100 до 300 мкм выполнен из твердых растворов бромид серебра - иодид одновалентного таллия при следующем соотношении ингредиентов, в мас. %:

Бромид серебра	99,5-97,0
Иодид одновалентного таллия	0,5-3,0

а второй слой ее диаметром от 0,9 до 1,15 мм выполнен из твердых растворов бромид серебра - иодид одновалентного таллия при следующем соотношении ингредиентов, в мас. %:

Бромид серебра	94,0-98,0
Иодид одновалентного таллия	6,0-2,0

что позволяет получать двухслойные ИК-световоды, в сердцевине которых распространяется одна фундаментальная мода.

Преимущества перед прототипом

1. Расширен диапазон прозрачности от 2 до 45 мкм, против от 5 до 30 мкм в прототипе.

2. Исключена вероятность проникновения в сердцевину световода внешнего излучения через оболочку в виду того, что оболочка выполнена двухслойной.

3. Повышена фотостойкость световода в 2 раза.

4. Увеличена твердость в 1,5 раза.

Таким образом, новые составы сердцевины световодов, помещенные в двухслойную оболочку определенного состава, обеспечивают разность показателя преломления между сердцевиной и первым слоем оболочки $\Delta n=0,012-0,026$ при дополнительном угле ввода электромагнитного излучения $\theta_c=12,1-19,8$ и числовой апертуре $NA=0,21-0,32$. Кроме перечисленных фундаментальных характеристик ИК-световодов [Кацуяма Т., Мацумура Х. Инфракрасные волоконные световоды. М.: Мир, 1992, с.23-31], условие одномодовости нового инфракрасного световода определяет нормализованный параметр частоты, равный двум [Дж. Гауэр. Оптические системы связи. Перевод с английского под редакцией А.И.Ларкина. М.: Радио и связь, 1989, с.128, 141]. Наличие второго слоя оболочки, имеющего химический состав больше, чем первый слой оболочки, исключает вероятность проникновения в

сердцевину световода внешнего излучения. ИК-световоды спроектированы для работы в спектральном диапазоне от 2,0 до 45,0 мкм.

Пример 1.

Методом экструзии изготовили двухслойный ИК-световод. Сердцевина диаметром 10 мкм имеет состав в мас. %:

Бромид серебра	97,0
Иодид одновалентного таллия	3,0

Первый слой двухслойной оболочки диаметром 100 мкм имеет состав в мас. %:

Бромид серебра	99,5
Иодид одновалентного таллия	0,5

а второй слой оболочки диаметром 0,9 мм имеет состав в мас. %:

Бромид серебра	96,0
Иодид одновалентного таллия	4,0

Разность показателей преломления между сердцевиной и первым слоем оболочки составляет $\Delta n=0,012$ при числовой апертуре 0,21. При этом нормализованная частота равна 2, дополнительный угол ввода электромагнитного излучения в световод составляет 12° на длине волны 2,0 мкм.

При сканировании торца световода вид выходящего излучения имеет гауссовскую функцию распределения энергии. Это свидетельствует о наличии моды низшего порядка и подтверждает изготовление одномодового кристаллического ИК-световода [S.Shalem, A.Tsun, E.Rave and et. al. Silver halide single-mode fibers for the middle infrared. Applied physics letters 87, 091103(2005)].

Пример 2.

Методом экструзии изготовили двухслойный ИК-световод. Сердцевина диаметром 20 мкм имеет состав в мас. %:

Бромид серебра	95,0
Иодид одновалентного таллия	5,0

Первый слой двухслойной оболочки диаметром 200 мкм имеет состав в мас. %:

Бромид серебра	99,0
Иодид одновалентного таллия	1,0

а второй слой оболочки диаметром 1,0 мм имеет состав в мас. %:

Бромид серебра	98,0
Иодид одновалентного таллия	2,0

Разность показателей преломления между сердцевиной и первым слоем оболочки составляет $\Delta n=0,020$ при числовой апертуре 0,3. При этом нормализованная частота равна 2, дополнительный угол ввода электромагнитного излучения в световод составляет 17° на длине волны 10,6 мкм.

Проведена съемка торца световода, как в первом примере. По виду излучения, выходящего из сердцевины световода, можно судить о наличие моды низшего порядка HE_{11} , т.е. об одномодовом инфракрасном кристаллическом световоде.

Пример 3.

Изготовили двухслойный ИК-световод. Сердцевина диаметром 130 мкм имеет состав в мас. %:

5	Бромид серебра	90,0
	Иодид одновалентного таллия	10,0

Первый слой двухслойной оболочки диаметром 300 мкм имеет состав в мас. %:

10	Бромид серебра	97,0
	Иодид одновалентного таллия	3,0

а второй слой оболочки диаметром 1,15 мм имеет состав в мас. %:

15	Бромид серебра	94,0
	Иодид одновалентного таллия	6,0

Разность показателей преломления между сердцевиной и первым слоем оболочки составляет $\Delta n=0,026$ при числовой апертуре 0,32. При этом нормализованная частота равна 2, дополнительный угол ввода электромагнитного излучения в световод составляет 20° на длине волны 45 мкм.

При сканировании торца световода, как в первом примере, в поперечном его сечении вид излучения имеет гауссовскую функцию распределения энергии, что подтверждает предположение об изготовленном одномодовом кристаллическом ИК-световоде.

Технический результат позволяет получать одномодовый двухслойный кристаллический инфракрасный световод с определенным химическим составом сердцевины и двухслойной оболочки световода на основе новых твердых растворов AgBr-TlI, что обеспечивает повышенные физико-химические свойства световода по сравнению с прототипом. Наличие в составе твердого раствора TlI, имеющего молекулярный вес (331,27), т.е. значительно больше, чем у AgBr (187,77), способствует расширению спектрального диапазона прозрачности световода, повышению его фотостойкости и твердости, а также позволяет подавить процесс диффузии между сердцевиной и оболочкой. Это обеспечивает четкую круглую границу между сердцевиной и оболочкой.

Формула изобретения

Одномодовый двухслойный кристаллический инфракрасный световод, включающий сердцевину, выполненную из твердых растворов бромид серебра - йодид одновалентного таллия, и оболочку, отличающийся тем, что сердцевина диаметром от 10 до 130 мкм содержит бромид серебра и йодид одновалентного таллия при следующем соотношении ингредиентов, мас. %:

45	бромид серебра	97,0-90,0
	йодид одновалентного таллия	3,0-10,0,

а оболочка выполнена двухслойной, при этом первый слой оболочки диаметром от 100 до 300 мкм выполнен из твердых растворов бромид серебра - йодид одновалентного таллия при следующем соотношении ингредиентов, мас. %:

50	бромид серебра	99,5-97,0
	йодид одновалентного таллия	0,5-3,0,

а второй слой ее диаметром от 0,9 до 1,15 мм выполнен из твердых растворов бромид серебра - йодид одновалентного таллия при следующем соотношении ингредиентов, мас. %:

5	бромид серебра	94,0-98,0
	йодид одновалентного таллия	6,0-2,0

10

15

20

25

30

35

40

45

50