



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ(21)(22) Заявка: **2012128765/28, 09.07.2012**(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
09.07.2012

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **09.07.2012**(45) Опубликовано: **10.02.2014** Бюл. № 4(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2413257 C2, 27.02.2011. RU 2340920 C1, 10.12.2008. US 7841213 B2, 30.11.2010. WO 2005109054 A2, 17.11.2005.**

Адрес для переписки:

**620002, г.Екатеринбург, ул. Мира, 19, УрФУ,
Центр интеллектуальной собственности, Т.В.
Маркс**

(72) Автор(ы):

**Корсаков Александр Сергеевич (RU),
Жукова Лия Васильевна (RU),
Жуков Владислав Васильевич (RU),
Врублевский Дмитрий Станиславович (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
"Уральский федеральный университет имени
первого Президента России Б.Н. Ельцина"
(RU)****(54) ИНФРАКРАСНЫЙ СВЕТОВОД С БОЛЬШИМ ДИАМЕТРОМ ПОЛЯ МОДЫ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к инфракрасным световодам с большим диаметром поля моды. Световод включает сердцевину и оболочку, состоящую из стержней, расположенных в гексагональном порядке. Сердцевина диаметром 98-112 мкм выполнена из кристаллов на основе бромида серебра, содержащего твердый раствор бромид-йодида одновалентного таллия ($\text{TlBr}_{0,46}\text{I}_{0,54}$), при следующем соотношении компонентов, мас. %: бромид серебра - 91,0-61,0; твердый

раствор ($\text{TlBr}_{0,46}\text{I}_{0,54}$) - 9,0-39,0. В оболочке расположены стержни диаметром 42-48 мкм на расстоянии 70-80 мкм между их центрами при следующем соотношении компонентов их состава, мас. %: бромид серебра - 92,0-64,5; твердый раствор ($\text{TlBr}_{0,46}\text{I}_{0,54}$) - 8,0-35,5. Технический результат - обеспечение работы на длине волны 10,6 мкм, обеспечение распространения только одной моды низшего порядка в пределах фундаментальной запрещенной зоны.

RU
2 506 615
C1

RU
2 506 615
C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) ABSTRACT OF INVENTION(21)(22) Application: **2012128765/28, 09.07.2012**(24) Effective date for property rights:
09.07.2012

Priority:

(22) Date of filing: **09.07.2012**(45) Date of publication: **10.02.2014 Bull. 4**

Mail address:

**620002, g.Ekaterinburg, ul. Mira, 19, UrFU,
Tsentr intellektual'noj sobstvennosti, T.V. Marks**

(72) Inventor(s):

**Korsakov Aleksandr Sergeevich (RU),
Zhukova Lija Vasil'evna (RU),
Zhukov Vladislav Vasil'evich (RU),
Vrublevskij Dmitrij Stanislavovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federal'noe gosudarstvennoe avtonomnoe
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego
professional'nogo obrazovaniya "Ural'skij
federal'nyj universitet imeni pervogo Prezidenta
Rossii B.N. El'tsina" (RU)****(54) INFRARED LIGHT GUIDE WITH LARGE MODE FIELD DIAMETER**

(57) Abstract:

FIELD: physics, optics.

SUBSTANCE: invention relates to infrared light guides with a large mode field diameter. The light guide has a core and cladding which consists of rods arranged in a hexagonal order. The 98-112 mcm diameter core is made of silver bromide-based crystals containing a solid solution of monovalent thallium bromide-iodide ($TlBr_{0.46}I_{0.54}$), with the following ratio of components, wt %: silver bromide -

91.0-61.0; solid solution ($TlBr_{0.46}I_{0.54}$) - 9.0-39.0. The cladding contains rods with diameter of 42-48 mcm with distance of 70-80 mcm between centres thereof, with the following ratio of components thereof, wt %: silver bromide 92.0-64.5; solid solution ($TlBr_{0.46}I_{0.54}$) 8.0-35.5.

EFFECT: enabling operation at wavelength of 10,6 mcm, enabling propagation of only one lower-order mode within the fundamental band gap.

Изобретение относится к инфракрасным (ИК) световодам с большим диаметром поля моды, которые востребованы для изготовления волоконных лазеров и сенсоров, усилителей, волоконно-оптических кабелей среднего и дальнего ИК-диапазона спектра, предназначенных для молекулярного анализа в различных областях техники.

Распространение излучения в одномодовом световоде сосредоточено в малом диаметре сердцевины на большой длине световода. Это приводит к возрастанию нелинейно-оптических эффектов и искажению спектра импульса. Нелинейность световода можно снизить за счет увеличения диаметра поля моды и уменьшения длины световода [Семенов С.Л., Егорова О.Н., Косолапов А.Ф. и др. Световоды с фотонной запрещенной зоной и большим диаметром поля моды. Научно-технический журнал «Фотон-Экспресс». 2009. №6. С.25-26].

Известны наноструктурные кристаллические световоды с фундаментальными оптическими потерями на длинах волн 7-12 мкм [Бутвина Л.Н., Бутвина А.Л., Дианов Е.М., Загороднев В.Н., Личкова Н.В. Наноструктурные кристаллические световоды с фундаментальными оптическими потерями на длинах волн 7-12 мкм. Научно-технический журнал «Фотон-Экспресс». 2011. №6. С.204-205]. Диаметр наноструктурного световода 500 мкм, длина 20 м, состав $50\text{AgCl} - 50\text{AgBr}$. Но этот световод является многомодовым.

Известны нано- и микрокристаллические ИК-световоды на основе кристаллов твердых растворов $\text{Ag}_{1-x}\text{Tl}_x\text{Br}_{1-y}\text{I}_y$; $\text{Ag}_{1-x}\text{Tl}_x\text{Cl}_y\text{I}_z\text{Br}_{1-y-z}$ [Чазов А.И., Жукова Л.В., Корсаков А.С., Врублевский Д.С., Корсакова Е.А. Исследование и разработка нано- и микрокристаллических ИК-световодов. Научно-технический журнал «Фотон-Экспресс». 2011. №6. С.200-201]. Но авторы не указывают структуру световода, т.е. отношение диаметра вставок (стержней) к расстоянию между ними, а также их связь с размером поля моды. Кроме того, не указаны фундаментальные характеристики световода - числовая апертура, диаметр поля моды, разность показателей преломления материалов вставок (стержней) и матрицы.

Наиболее близким техническим решением является световод с фотонной запрещенной зоной и большим диаметром поля моды [Семенов С.Л., Егорова О.Н., Косолапов А.Ф. и др. Световоды с фотонной запрещенной зоной и большим диаметром поля моды. Научно-технический журнал «Фотон-Экспресс». 2009. №6. С.25-26]. Оболочка световода состоит из кварцевого стекла, в котором расположены в гексагональном порядке стержни из легированного кварцевого стекла, а сердцевина, как и оболочка, состоит только из чистого кварцевого стекла. Для получения большого диаметра поля моды авторы использовали отношение (менее 0,4) диаметра стержней (элементов) оболочки (d) к расстоянию между ними (Δ). Это позволяет получать малую числовую апертуру сердцевины при большом диаметре поля моды. Но такие световоды работают в ближнем ИК-диапазоне спектра, т.е. от 0,8 до 1,6 мкм (см. рис.2 [Семенов С.Л., Егорова О.Н., Косолапов А.Ф. и др. Световоды с фотонной запрещенной зоной и большим диаметром поля моды. Научно-технический журнал «Фотон-Экспресс». 2009. №6. С.25-26]).

Задачей изобретения является получение инфракрасных световодов для работы на длине волны 10,6 мкм с большим диаметром поля моды, сердцевина и оболочка которых изготовлены из кристаллов на основе AgBr , содержащего твердый раствор ($\text{TlBr}_{0,46}\text{I}_{0,54}$), а стержни выполнены из тех же кристаллов, но другого состава.

Поставленная задача решается за счет того, что инфракрасный световод с большим диаметром поля моды имеет сердцевину диаметром 98-112 мкм, изготовленную из кристаллов на основе бромида серебра, содержащего твердый раствор бромид-йодида

одновалентного таллия ($\text{TlBr}_{0,46}\text{I}_{0,54}$) при следующем соотношении компонентов, мас. %:

5	бромид серебра	91,0-61,0
	твердый раствор ($\text{TlBr}_{0,46}\text{I}_{0,54}$)	9,0-39,0

а в оболочке, выполненной из тех же кристаллов и того же химического состава, расположены стержни диаметром 42-48 мкм на расстоянии 70-80 мкм между их центрами и состава при следующем соотношении компонентов, мас. %:

10	бромид серебра	92,0-64,5
	твердый раствор ($\text{TlBr}_{0,46}\text{I}_{0,54}$)	8,0-35,5

В световодах такой структуры и состава распространяется только одна мода низшего порядка в пределах фундаментальной запрещенной зоны.

Преимущества перед прототипом:

1. Новый световод предназначен для работы на длине волны 10,6 мкм (CO_2 -лазер), а в прототипе - от 0,8 до 1,6 мкм.

2. Новая структура световода, а именно стержни диаметром от 42 до 48 мкм, расположенные в оболочке на расстоянии между их центрами от 70 до 80 мкм, позволяет получать большой диаметр поля моды - 98-112 мкм - при сохранении одномодового режима работы.

3. Благодаря определенным химическим составам сердцевины, оболочки и расположенных в оболочке стержней режим работы световода является полностью одномодовым в пределах фундаментальной запрещенной зоны.

Пример 1

Для работы на длине волны 10,6 мкм изготовили ИК-световод с диаметром сердцевины 98 мкм состава, мас. %:

30	бромид серебра	91,0
	твердый раствор ($\text{TlBr}_{0,46}\text{I}_{0,54}$)	9,0

Оболочка световода имеет тот же состав. В нее помещены в гексагональном порядке стержни диаметром 42 мкм на расстоянии между их центрами 70 мкм, которые изготовлены из кристаллов состава, мас. %:

40	бромид серебра	92,0
	твердый раствор ($\text{TlBr}_{0,46}\text{I}_{0,54}$)	8,0

Отношение диаметра стержней к расстоянию между их центрами составляет $\frac{42}{70} = 0,6$. Разность показателей преломления между сердцевинной и вставками

составляет $\Delta n = 0,006$. Числовая апертура $NA = 0,12$, угол ввода электромагнитного излучения в световод - 14° при нормализованной частоте $V = 1,95$. Проведена съемка торца световода; излучение на выходе из сердцевины имеет вид гауссовской функции, что указывает на распространение одной фундаментальной моды, т.е. подтверждает одномодовый режим работы световода на длине волны 10,6 мкм.

Пример 2

Методом экструзии изготовили световод с диаметром сердцевины 105 мкм. Сердцевина и оболочка имеют состав, мас. %:

бромид серебра 78,0
 твердый раствор (TlBr_{0,46}I_{0,54}) 22,0

В оболочку помещены стержни диаметром 45 мкм на расстоянии между их
 5 центрами 75 мкм и состава, мас. %:

бромид серебра 79,7
 твердый раствор (TlBr_{0,46}I_{0,54}) 20,3

10 Фундаментальные характеристики световода следующие: $\Delta n=0,005$, $NA=0,11$, угол
 ввода в световод - 13° при $V=2,11$, и отношение диаметра стержней к расстоянию
 между их центрами составляет $\frac{45}{75} = 0,6$. Световод работает на длине волны 10,6 мкм;

15 в нем распространяется одна мода низшего порядка, что подтверждает одномодовый
 режим работы.

Пример 3

Получен световод с диаметром сердцевины 112 мкм для работы на длине
 волны 10,6 мкм. Сердцевина имеет следующий состав, мас. %:

20

бромид серебра 61,0
 твердый раствор (TlBr_{0,46}I_{0,54}) 39,0

25 Оболочка, представленная кристаллической матрицей такого же состава, что и
 сердцевина, в которой в гексагональном порядке размещены стержни диаметром 48
 мкм с расстоянием в 80 мкм между их центрами. Стержни имеют состав, мас. %:

бромид серебра 64,5
 твердый раствор (TlBr_{0,46}I_{0,54}) 35,5

30

Световод обладает следующими фундаментальными характеристиками:
 разность показателей преломления $\Delta n=0,003$, числовая апертура $NA=0,10$, угол
 ввода в световод - 13° при $V=2,20$. Отношение диаметра стержней к расстоянию между
 их центрами составляет $\frac{48}{80} = 0,6$. При съемке торца световода электромагнитное
 35 излучение в поперечном его сечении подчиняется гауссовскому закону распределения

энергии, что подтверждает одномодовый режим работы кристаллического ИК-
 световода.

40

При изготовлении ИК-световода с составом сердцевины и оболочки менее 9 мас. %
 или более 39 мас. % твердого раствора (TlBr_{0,46}I_{0,54}) в бромиде серебра, а также при
 изготовлении стержней диаметром менее 42 мкм или более 48 мкм и расстоянием
 между их центрами менее 70 мкм или более 80 мкм и составом соответственно менее 8
 45 мас. % или более 35,5 мас. % твердого раствора (TlBr_{0,46}I_{0,54}) в бромиде серебра не
 удается достигнуть одномодового режима работы ИК-световода.

50

Технический результат позволяет получать инфракрасный световод с большим
 диаметром поля моды (98-112 мкм), который достигается за счет размещения в
 матрице определенного состава стержней, имеющих другой состав и диаметр 42-48
 мкм с расстоянием в 70-80 мкм между их центрами. Благодаря такой структуре и
 можно получать малую числовую апертуру сердцевины при большом диаметре поля
 моды. ИК-световод является одномодовым при работе на длине волны 10,6 мкм (CO₂-
 лазер) в пределах фундаментальной запрещенной зоны.

Формула изобретения

Инфракрасный световод с большим диаметром поля моды, включающий сердцевину и оболочку, состоящую из стержней, расположенных в гексагональном порядке, отличающийся тем, что сердцевина световода диаметром 98-112 мкм выполнена из кристаллов на основе бромида серебра, содержащего твердый раствор бромид-йодида одновалентного таллия ($\text{TlBr}_{0,46}\text{I}_{0,54}$) при следующем соотношении компонентов, мас. %:

10

бромид серебра	91,0-61,0
твердый раствор ($\text{TlBr}_{0,46}\text{I}_{0,54}$)	9,0-39,0

а в оболочке, выполненной из тех же кристаллов и того же химического состава, расположены стержни диаметром 42-48 мкм на расстоянии 70-80 мкм между их центрами и состава при следующем соотношении компонентов, мас. %:

15

бромид серебра	92,0-64,5
твердый раствор ($\text{TlBr}_{0,46}\text{I}_{0,54}$)	8,0-35,5

20

25

30

35

40

45

50