



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(51) МПК  
**G02B 6/13** (2006.01)

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2009145607/28, 08.12.2009

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
08.12.2009

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 08.12.2009

(45) Опубликовано: 27.07.2011 Бюл. № 21

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2248020 C1, 10.03.2005. RU 2334260 C1, 20.09.2008. US 6374005 B2, 16.04.2002. JP 2005084090 A, 31.03.2005.

Адрес для переписки:

197101, Санкт-Петербург, Кронверкский  
пр., 49, ГОУВПО "СПбГУ ИТМО",  
ОИСиНТИ

(72) Автор(ы):

Мешковский Игорь Касьянович (RU),  
Серебрякова Владлена Сергеевна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Государственное образовательное  
учреждение высшего профессионального  
образования "Санкт-Петербургский  
государственный университет  
информационных технологий, механики и  
оптики" (RU)

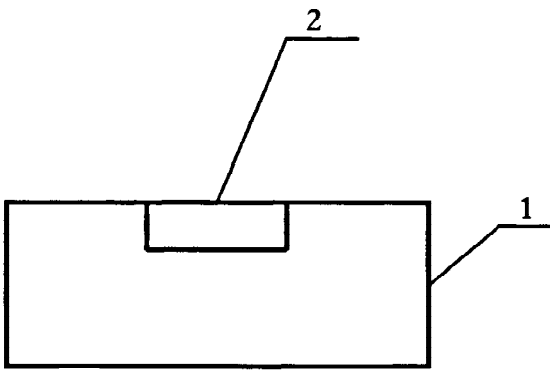
## (54) ИНТЕГРАЛЬНО-ОПТИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТ И СПОСОБ ЕГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области интегральной оптики. Устройство представляет собой подложку в виде полированной пластины, выполненной из натрийборосиликатного стекла.

Ликвидировавшее отожженное при температуре 530°C в течение 72 часов стекло имеет состав  $\text{Na}_2\text{O}:\text{B}_2\text{O}_3:\text{SiO}_2=7:23:70$ . В подложке сформирован оптический каналный волновод, соответствующий конфигурации фотошаблона заданной топологии и содержащий включения солей тяжелых металлов. Согласно способу изображения фотошаблона заданной топологии экспонируют на подложку с нанесенным фоторезистом. Осуществляют проявку и последующую промывку образовавшихся после проявления окон и получают выщелоченный нанопористый слой. Удаляют слой фоторезиста и размещают подложку в концентрированный раствор соли тяжелых металлов до насыщения солями пор выщелоченного слоя. Подложку извлекают из

раствора и подвергают воздействию температуры. При этом происходит термическое разложение солей и взаимодействие образовавшихся окислов с каркасом пористого слоя, тем самым получают оптический каналный волновод в подложке. Технический результат - расширение функциональных возможностей интегрально-оптических устройств и упрощение технологического процесса изготовления интегрально-оптических элементов. 2 н.п. ф-лы, 3 ил.



Фиг. 1

RU 2425402 C1

RU 2425402 C1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,  
PATENTS AND TRADEMARKS

**(12) ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2009145607/28, 08.12.2009**

(24) Effective date for property rights:  
**08.12.2009**

Priority:

(22) Date of filing: **08.12.2009**

(45) Date of publication: **27.07.2011 Bull. 21**

Mail address:

**197101, Sankt-Peterburg, Kronverkskij pr., 49,  
GOUVPO "SPbGU ITMO", OISiNTI**

(72) Inventor(s):

**Meshkovskij Igor' Kas'janovich (RU),  
Serebrjakova Vladlena Sergeevna (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Gosudarstvennoe obrazovatel'noe uchrezhdenie  
vysshego professional'nogo obrazovanija "Sankt-  
Peterburgskij gosudarstvennyj universitet  
informatsionnykh tekhnologij, mekhaniki i  
optiki" (RU)**

**(54) INTEGRATED OPTICAL ELEMENT AND METHOD OF MAKING SAID ELEMENT**

(57) Abstract:

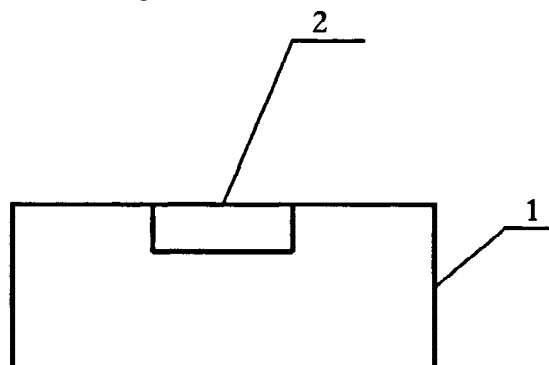
FIELD: physics.

SUBSTANCE: device is a substrate in form of a polished plate made from sodium borosilicate glass. Liquating glass which is annealed at temperature 530°C for 72 hours has the composition  $\text{Na}_2\text{O}:\text{B}_2\text{O}_3:\text{SiO}_2=7:23:70$ . An optical channel waveguide which corresponds to the configuration of a photomask of given topology and having inclusions of heavy metal salts is formed in the substrate. According to the method, the image of the photomask of given topology is exposed onto the substrate with a deposited photoresist. Development is carried out and windows forming after development are washed and a leached nanoporous layer is obtained. The photoresist layer is removed and the substrate is put into a concentrated solution of heavy metal salts until saturation of pores of the leached layer with the salts. The substrate is removed from the solution and exposed to temperature effects. Salts undergo

thermal decomposition and the formed oxides react with the frame of the porous layer, thus an optical waveguide channel is obtained in the substrate.

EFFECT: broader functional capabilities of integrated optical devices and simple process of making integrated optical elements.

2 cl, 3 dwg



Фиг. 1

RU 2 4 2 5 4 0 2 C 1

RU 2 4 2 5 4 0 2 C 1

Изобретение относится к области интегральной оптики, а именно к способам создания оптических канальных волноводов и интегрально-оптических элементов (ИОЭ), и может быть использовано в волноводных оптоэлектронных устройствах, в частности, в качестве пассивных и активных ИОЭ волоконно-оптических датчиков.

Известен ИОЭ, состоящий из оптического титанового канального волновода и подложки из монокристалла ниобата лития, и способ изготовления таких ИОЭ (Патент ЕПВ №1224492, МПК G02B 6/134; G02B 6/12; G02B 6/13, дата публикации 24.09.2003; Патент РФ №2089928, МПК G02B 6/13, дата приоритета 28.09.1994, дата публикации 10.09.1997), который заключается в нанесении титановой полоски на поверхность образца кристаллической подложки (ниобат лития) и диффузии атомов титана в кристаллическую подложку, которая проводится герметично от окружающей среды под давлением в нагретой и насыщенной кислородом атмосфере с поддержанием температуры (1050°C) и давления в диффузионный период (6-7 часов) и охлаждением окружающей среды. После этого образец подвергают отжигу.

Недостатком такого ИОЭ является подверженность оптического титан-диффузионного волновода высоким оптическим повреждениям, приводящим к росту потерь готового ИОЭ. Необходимость использования столь высоких температур обуславливает главные недостатки способа изготовления такого ИОЭ (метода диффузии) - огромные энергозатраты, сложность технологических процессов и высокую стоимость используемого оборудования.

Известны ИОЭ, состоящий из протонно-обменного канального волновода и подложки из кристалла ниобата лития и способ изготовления такого протонно-обменного канального волновода в кристалле ниобата лития (Патент РФ №2248020, МПК G02B 6/134, дата приоритета 25.09.2003, дата публикации 10.03.2005), заключающийся в проведении реакции через маску специальной топологии в расплаве кислоты, где протонно-обменную реакцию проводят в герметичном автоклаве при низкочастотной вибрации (от 5 до 8 Гц) и при температуре 290-373°C в течение 3-16 часов в расплаве чистой стеариновой кислоты с добавкой стеарата лития в диапазоне концентраций 0,4-1,0 мас. %.

Недостатком протонно-обменных ИОЭ в ниобате лития является наличие различных дефектов, которые формируются в приповерхностном слое кристалла, т.к. он подвержен резким изменениям фазового состава в течение протонного обмена и постобменного отжига, что также ведет к росту оптических потерь ИОЭ. Кроме того, технологии отожженного протонного обмена, т.е. такому способу изготовления ИОЭ, присуща сложность, обусловленная многостадийностью технологического процесса (протонный обмен+отжиг+специальная обработка по уменьшению толщины приповерхностного нарушенного слоя).

Наиболее близким по технической сущности к предлагаемому ИОЭ является ИОЭ, состоящий из ионно-обменного канального оптического волновода и подложки из промышленного стекла К-8 (А.А.Ветров, В.Б.Волконский, Д.В. Свистунов. Расчет, изготовление и исследование волноводов для интегрально-оптического гироскопа // Оптический журнал. - т.66, №5. - 1999. - С.57-63), и способ его получения путем ионного обмена  $Ag^+_{\text{расплав}} \leftrightarrow Na^+_{\text{стекло}}$  в расплаве  $AgNO_3-NaNO_3$  при температуре 330°C. Сущность прототипа заключается в нанесении фотолитографическим способом на полированную поверхность подложки из промышленного стекла К8 фотошаблона заданной топологии (в виде узких прямых каналов переменной ширины от 2,5 до 4,5 мкм, а также 5 и 7 мкм; в виде изогнутых каналов различного радиуса закругления; в

виде Y-ветвителя). Затем проведение процесса ионного обмена  $\text{Ag}^+_{\text{расплав}} \leftrightarrow \text{Na}^+_{\text{стекло}}$  в двухкомпонентном расплаве  $\text{AgNO}_3\text{-NaNO}_3$  при температуре  $330^\circ\text{C}$  с различным содержанием  $\text{AgNO}_3$  в диапазоне 0,15-2,5 вес.% и удаление фотошаблона. В результате строго по конфигурации фотошаблона формируется слой с повышенным показателем преломления за счет ионной имплантации в стеклянную подложку ионов серебра. Таким образом, получается ИОЭ, состоящий из стеклянной подложки (промышленное стекло К8) и образовавшегося ионообменного канального оптического волновода.

Недостатком таких ионообменных ИОЭ является высокий уровень собственных потерь, связанных с нестабильностью ионов серебра, как в расплаве, так и в стекле, а также невозможность обеспечения воспроизводимости изготовления волноводов с удовлетворительным уровнем потерь. Также недостатком способа изготовления ионообменных ИОЭ из расплава является высокая температура диффузии серебра.

Кроме того, ИОЭ, изготовленные на базе канальных волноводов в стеклах и электрооптических кристаллах, имеют ограниченные функциональные возможности, а подложки из стекла и ниобата лития ввиду своего высокого показателя преломления и сложной структуры являются трудоемкими материалами в обработке.

Решается задача расширения функциональных возможностей интегрально-оптических устройств на основе ИОЭ и упрощения технологического процесса изготовления ИОЭ.

Сущность предлагаемого изобретения заключается в том, что интегрально-оптический элемент представляет собой подложку в виде полированной пластины и сформированного в ней по конфигурации фотошаблона заданной топологии оптического канального волновода, подложка выполнена из ликвидировавшего отожженного при температуре  $530^\circ\text{C}$  в течение 72 часов натрийборосиликатного стекла состава  $\text{Na}_2\text{O}:\text{B}_2\text{O}_3:\text{SiO}_2=7:23:70$ , а область подложки, где сформирован оптический канальный волновод, содержит включения солей тяжелых металлов, в результате показатель преломления оптического канального волновода становится выше показателя преломления подложки.

Сущность предлагаемого способа изготовления интегрально-оптического элемента путем формирования оптического канального волновода в подложке заключается в том, что на поверхность полированной подложки наносят слой фоторезиста, затем проводят экспонирование через фотошаблон и проявляют. Оптический канальный волновод формируют в подложке из ликвидировавшего отожженного при температуре  $530^\circ\text{C}$  в течение 72 часов натрийборосиликатного стекла состава  $\text{Na}_2\text{O}:\text{B}_2\text{O}_3:\text{SiO}_2=7:23:70$ , в образовавшиеся после проявления и соответствующие форме фотошаблона окна вводят водный раствор уксусной, щавелевой, соляной или серной кислот, при этом контакт поверхности подложки с кислотой осуществляют не более 10 секунд, после чего проводят промывку до отсутствия кислой реакции и получают выщелоченный нанопористый слой глубиной, не превышающей 5-10 мкм, пористость которого составляет 20-25%, а распределение объема пор по радиусам не более 3,5 нм, затем удаляют слой фоторезиста, а подложку помещают в концентрированный раствор соли цезия, рубидия, германия, олова или свинца, а после насыщения солями пор выщелоченного слоя подложку извлекают из раствора и подвергают температурному воздействию, приводящему к термическому разложению солей и взаимодействию образовавшихся окислов с каркасом пористого слоя, тем самым получают оптический канальный волновод в подложке.

Этот слой образовавшегося стекла в подложке с повышенным показателем преломления и есть оптический канальный волновод. Далее с торцов пластины стекла

сполировывается слой, подверженный реакции с кислотой. Таким образом получается ИОЭ, состоящий из подложки натрийборосиликатного стекла и образовавшегося оптического канального волновода.

5 Полученные таким образом ИОЭ имеют малые оптические потери и большую величину приращения показателя преломления ( $\Delta n=0,011$ ) в зависимости от введенных солей и могут поддерживать распространение как основной моды (т.е. являются одномодовыми), так и нескольких (т.е. являются многомодовым) в зависимости от технологических параметров изготовления. Операции изготовления не требуют  
10 высоких температур и длительных временных затрат, что значительно упрощает технологический процесс. Подложки из такого стекла, благодаря своей структуре и оптическим свойствам, легки в обработке, хорошо подвергаются шлифовке и полировке. Введение в поры, например, красителей позволяет создавать не только  
15 пассивные элементы интегральной оптике, но и активные, такие как лазеры на красителях.

Достижение поставленной задачи осуществляется за счет использования натрийборосиликатного стекла в качестве подложки, а вводимые в образовавшиеся  
20 поры соли тяжелых металлов позволяют достигать заданного уровня показателя преломления в волноводном слое. Появление новых оптических композиционных материалов открывает новые возможности в способах изготовления ИОЭ, состоящих из подложки и канального волновода.

Сущность предлагаемого изобретения поясняется чертежами, где на фиг.1 изображен ИОЭ (вид с торца), состоящий из подложки 1 и оптического канального  
25 волновода 2; на фиг.2 - ИОЭ с прямоугольным оптическим канальным волноводом; на фиг.3 - ИОЭ с конфигурацией оптического канального волновода в виде Y-ветвителя.

ИОЭ представляет собой подложку 1 и оптический канальный волновод 2. На  
30 поверхность подложки 1 наносят слой фоторезиста, после чего проводят экспонирование через фотошаблон (конфигурация фотошаблона может быть различной, например, как на фиг.2, представлена конфигурация Y-ветвителя), затем проявляют. Далее в образовавшиеся окна по конфигурации фотошаблона вводят  
35 водный раствор уксусной, щавелевой, соляной или серной кислот, по экспериментальным данным контакт поверхности подложки 1 необходимо осуществлять от нескольких до 10 секунд в зависимости от используемого раствора кислоты. Затем промывают до отсутствия кислой реакции и удаляют слой фоторезиста. На подложке 1 в точности по конфигурации фотошаблона возникает  
40 нанопористый слой, глубина которого не превышает 5-10 мкм. Пористость слоя составляет 20-25%. Распределение объема пор по радиусам таково, что в нем нет пор с диаметром более 7 нм. Далее подложку 1 помещают в концентрированный раствор соли цезия, рубидия, германия, олова или свинца, а после насыщения этими солями пор выщелоченного слоя подложку 1 извлекают из раствора, содержащего соли  
45 упомянутых металлов, и подвергают нагреванию при температуре 550°C в течение 40 минут, которое приводит к термическому разложению солей и взаимодействию образовавшихся окислов с каркасом пористого слоя, в результате образуются участки стекла с повышенным показателем преломления. Этот слой образовавшегося стекла в  
50 подложке 1 и есть оптический канальный волновод 2. Далее с торцов подложки 1 сполировывают слой, подверженный реакции с кислотой.

Подложка 1 представляет собой пластину ликвировавшегося (отожженного при температуре 530°C в течение 72 часов) натрийборосиликатного стекла состава  $\text{Na}_2\text{O}$ :

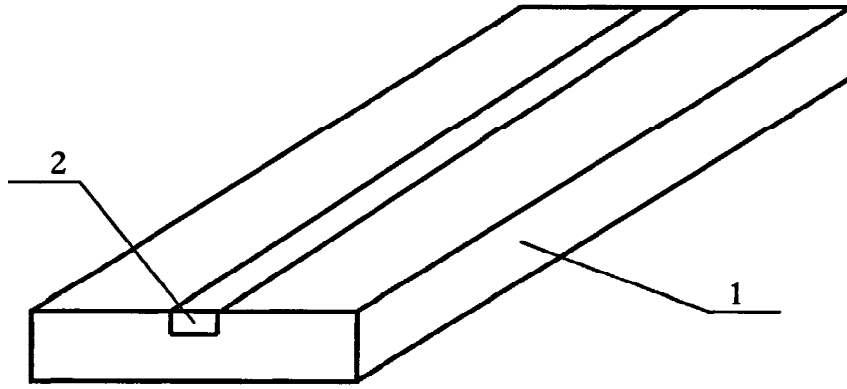
$B_2O_3:SiO_2=7:23:70$ . Показатель преломления подложки 1 равен 1,51. Образованный оптический канальный волновод 2 имеет показатель преломления выше показателя преломления подложки 1, чтобы обеспечить условие волноводного распространения. Максимальная величина приращения показателя преломления  $\Delta n=0,011$  и зависит от введенных солей.

Таким образом, заявляемое техническое решение позволяет значительно упростить технологию изготовления ИОЭ. Использование в качестве подложки натрийборосиликатного стекла обеспечивает дешевизну конечного продукта - ИОЭ и интегрально-оптических устройств на их основе. Данная технология не требует для изготовления волновода проведения операций при высоких температурах, а следовательно, не требует дорогостоящего оборудования. Введение солей тяжелых металлов позволяет управлять параметрами получаемых оптических волноводов в зависимости от концентраций растворов, длительности контакта и показателя преломления. На базе таких ИОЭ можно создавать многофункциональные интегрально-оптические устройства, содержащие как пассивные, так и активные элементы.

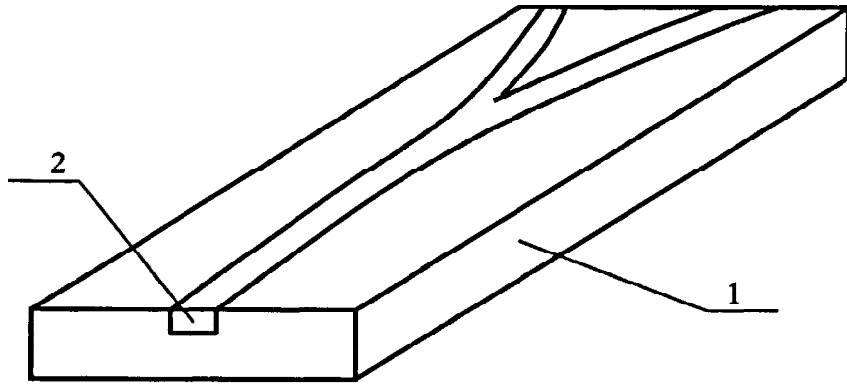
#### Формула изобретения

1. Интегрально-оптический элемент, представляет собой подложку в виде полированной пластины и сформированного в ней по конфигурации фотошаблона заданной топологии оптического канального волновода, отличающийся тем, что подложка выполнена из ликвидированного отожженного при температуре  $530^\circ C$  в течение 72 ч натрийборосиликатного стекла состава  $Na_2O:B_2O_3:SiO_2=7:23:70$ , а область подложки, где сформирован оптический канальный волновод, содержит включения солей тяжелых металлов.

2. Способ изготовления интегрально-оптического элемента путем формирования оптического канального волновода в подложке, включающий экспонирование изображения фотошаблона заданной топологии на подложку с нанесенным фоторезистом и проявку, отличающийся тем, что оптический канальный волновод формируют в подложке из ликвидированного отожженного при температуре  $530^\circ C$  в течение 72 ч натрийборосиликатного стекла состава  $Na_2O:B_2O_3:SiO_2=7:23:70$ , образовавшиеся после проявления и соответствующие форме фотошаблона окна вводят водный раствор уксусной, щавелевой, соляной или серной кислот, при этом контакт поверхности подложки с кислотой осуществляют не более 10 с, после чего проводят промывку до отсутствия кислой реакции и получают выщелоченный нанопористый слой глубиной, не превышающей 5-10 мкм, пористостью которого составляет 20-25%, а распределение объема пор по радиусам не более 3,5 нм, затем удаляют слой фоторезиста, а подложку помещают в концентрированный раствор соли цезия, рубидия, германия, олова или свинца, а после насыщения солями пор выщелоченного слоя подложку извлекают из раствора и подвергают температурному воздействию, приводящему к термическому разложению солей и взаимодействию образовавшихся окислов с каркасом пористого слоя, тем самым получают оптический канальный волновод в подложке.



Фиг. 2



Фиг. 3