

(12) МЕЖДУНАРОДНАЯ ЗАЯВКА, ОПУБЛИКОВАННАЯ В СООТВЕТСТВИИ С  
ДОГОВОРом О ПАТЕНТНОЙ КООПЕРАЦИИ (РСТ)

(19) ВСЕМИРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ  
Международное бюро



(43) Дата международной публикации:  
30 мая 2002 (30.05.2002)

РСТ

(10) Номер международной публикации:  
WO 02/42813 A1

(51) Международная патентная классификация<sup>7</sup>:  
G02B 6/13

(21) Номер международной заявки: PCT/RU01/00495

(22) Дата международной подачи:  
21 ноября 2001 (21.11.2001)

(25) Язык подачи: русский

(26) Язык публикации: русский

(30) Данные о приоритете:  
2000129006 22 ноября 2000 (22.11.2000) RU

(71) Заявитель (для всех указанных государств, кроме (US): ЛАБОРАТОРИЯ ИОННЫХ НАНОТЕХНОЛОГИЙ (ООО "ЛАБИНТЕХ") [RU/RU]; 123182 Москва, пл. Курчатова, д. 1 (RU) LABORATORIA IONNYKH NANOTEKHNOLOGY (ООО "ЛАБИНТЕХ"), Moscow (RU)].

(72) Изобретатели; и

(75) Изобретатели/Заявители (только для (US): ГУРОВИЧ Борис Аронович [RU/RU]; 125565 Москва, Ленинградское шоссе, д. 94, корп. 1, кв. 32 (RU) [GUROVICH, Boris Aronovich, Moscow (RU)]. ДОЛГИЙ Дмитрий Иосифович [RU/RU]; 123181 Москва, Неманский пр., д. 1, корп. 1, кв. 154 (RU) [DOLGY, Dmitry Iosifovich, Moscow (RU)]. КУЛЕШОВА Евгения Анатольевна, [RU/RU]; 113208 Москва, Сумской пр., д. 4, корп. 1, кв. 5 (RU) [KULESHOVA, Evgenia Anatolievna, Moscow (RU)]. ВЕЛИХОВ Евгений Павлович [RU/RU]; 123182 Москва, ул. Пехотная, д. 24 (RU)

[VELIKHOV, Evgeny Pavlovich, Moscow (RU)]. ОЛЬШАНСКИЙ Евгений Дмитриевич [RU/RU]; 123242 Москва, ул. Зоологическая, д. 12, кв. 122 (RU) [OLSHANSKY, Evgeny Dmitrievich, Moscow (RU)].

(74) Агент: ПАТЕНТНОЕ АГЕНТСТВО «ВЦПУ»; 111539 Москва, а/я 6 (RU) [PATENT AGENCY «VTSPU», Moscow (RU)].

(81) Указанные государства (национально): AE, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, OM, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Указанные государства (регионально): ARIPO патент (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), евразийский патент (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), европейский патент (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), патент OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Опубликована

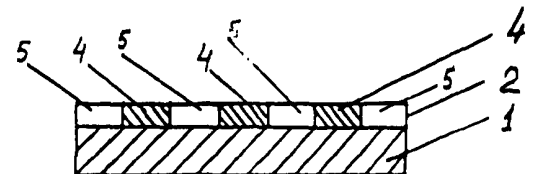
С отчётом о международном поиске.

В отношении двухбуквенных кодов, кодов языков и других сокращений см. «Пояснения к кодам и сокращениям», публикуемые в начале каждого очередного выпуска Бюллетеня РСТ.

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING AN OPTICAL WAVEGUIDE DEVICE

(54) Название изобретения: СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОПТИЧЕСКОГО ВОЛНОВОДНОГО УСТРОЙСТВА

(57) Abstract: The inventive method for producing an optical waveguide device consists in forming a layer of transparent material on a carrier which capable of modifying the optical properties thereof when it is radiation-induced, radiating said layer in a predetermined path or with the aid of a template or a mask. The radiation processing of said layer is carried out by means of a particle beam. The particles are selected and accelerated in such a way that each particle when interacting with the layer material has a mass and energy sufficient for modifying the optical properties of the material through the thickness of the irradiated area and increasing the absorption factor and/or the reflection index thereof. As a result of the irradiation, the areas having modified optical properties with respect to the initial properties are formed in the layer, thereby producing a targeted device provided with optical channels. Said optical channels are embodied in non-irradiated areas of the layer which retain the initial transparency of the material. The layer of the transparent material on the carrier is formed with a thickness which is equal to or higher than the length of a projective path of said accelerated particles.



[Продолжение на след. странице]



WO 02/42813 A1



---

**(57) Реферат:** Способ изготовления оптического волноводного устройства, включает формирование на подложке слоя материала, обладающего прозрачностью и способного под действием облучения изменять свои оптические свойства, последующее облучение указанного слоя по заданной траектории или через шаблон или через маску. Облучение указанного слоя осуществляют посредством пучка частиц, выбранных и ускоренных так, что каждая частица при ее взаимодействии с материалом слоя обладает массой и энергией, достаточными для преобразования оптических свойств материала по всей толщине слоя облученного участка с увеличением его коэффициента поглощения и/или коэффициента отражения. В результате облучения образуют в слое образуются участки с измененными по отношению к исходным оптическими свойствами материала, и получение целевого устройства, содержащего светопроводящие каналы, согласно заявляемому изобретению, в качестве материала слоя используют материал, а светопроводящие каналы формируют на необлученных участках слоя, на каждом из которых сохраняют исходную прозрачность материала, при этом упомянутое формирование на подложке слоя осуществляют толщиной, меньшей или равной длине проективно-го пробега названных ускоренных частиц.

Способ изготовления оптического  
волноводного устройства

Область техники

Изобретение относится к технологии изготовления оптических волноводов, а именно изобретение касается способа изготовления оптического волноводного устройства.

Предшествующий уровень техники

Известен способ изготовления одномодового светопроводящего канала в прозрачном диэлектрике путем модификации структуры диэлектрика (RU, С1, 2150135, G 02 В 6/13,). Для реализации способа из прозрачного диэлектрика, например алмаза, кварца, сапфира, стекла, изготавливают плоскопараллельную пластину и фокусируют на выбранную область пластины воздействующее излучение фемтосекундного лазера, сфокусированное в нить, вытянутую вдоль оси используемой фокусирующей линзы. В результате на пути прохождения излучения превышает пороговая интенсивность ионизации диэлектрика и возникает плазма, происходит очень быстрый и сильный нагрев (до  $10^6$  К) области фокусировки, занятой плазмой, и развивается огромное давление (порядка  $10^8$  Бар). В этих экстремальных условиях температуры и давления в месте прохождения излучения происходит модификация структуры вещества диэлектрика и изменение показателя его преломления. Таким образом вдоль линии фокусировки воздействующего излучения в диэлектрической пластине образуется светопроводящий канал. Продольный и поперечный размеры канала определяются геометрией фокусировки излучения, энергией импульса излучения и параметрами материала диэлектрика.

Недостатками известного способа являются сложность его реализации и ограниченность применения, обусловленная тем, что указанный способ позволяет формировать только прямолинейные светопроводящие каналы.

Известен способ изготовления оптического волновода (RU, C1, 2151412, G 02 В 6/138). Согласно указанному способу, на поверхности подложки, выполненной из материала, способного пропускать УФ-свет, формируют первый слой оболочки, например, из плакированного материала. Первый слой оболочки имеет более низкий показатель преломления, чем УФ-чувствительный оптический полимер, и обладает прозрачностью в диапазоне волн, используемых при дальнейшем облучении.

Поверх первого слоя оболочки формируют металлический слой. Затем путем избирательного травления металлического слоя получают металлический шаблон, соответствующий волноводной жиле. Затем поверх металлического шаблона формируют слой УФ-чувствительного оптического полимера, обладающего оптической прозрачностью в диапазоне волн, используемых при дальнейшем облучении.

Слой оптического полимера подвергают облучению ультрафиолетовым светом со стороны нижней поверхности подложки, что меняет свойства оптического полимера на участках, незащищенных металлическим шаблоном. Волноводную жилу формируют путем удаления тех участков слоя оптического полимера, которые были защищены металлическим шаблоном.

Поверх первого слоя оболочки и сформированной волноводной жилы образуют второй слой оболочки из плакированного материала, имеющего более низкий показатель преломления света, чем волноводная жила.

Недостатком известного способа является сложность его реализации, поскольку процесс содержит много стадий, требует значительных количеств дорогостоящих расходных материалов и, при этом, не обеспечивается высокая плотность размещения оптических волноводов на структуре, изготовленной этим способом.

Наиболее близким к заявляемому по своей технической сущности и достигаемому результату является способ изготовления плоских оптических волноводных структур (US, А, 5896484, кл. 385/132, 1999). Указанный способ осуществляют следующим образом. На подложку наносят кварцевое покрытие, а затем слой германосиликата (кремний с добавкой оксида германия), предварительно насы-

щенного водородом. Затем слой германосиликата либо облучают ультрафиолетовым светом, например, через трафарет с выполненным в нем рисунком, либо сканируют по поверхности слоя сфокусированным лучом. В результате в материале слоя в областях, подвергнутых облучению, происходит преобразование его оптических свойств. В данном случае изменяется показатель преломления и, таким образом, в материале слоя, имеющем один показатель преломления, формируются каналы - волноводы с заданной топологией, имеющие иной показатель преломления.

Недостатками указанного способа являются сложность его реализации, заключающаяся в необходимости насыщения водородом материала слоя, однородного распределения которого по объему слоя достичь достаточно трудно. Кроме того, достигаемая разность показателей преломления невелика, что приводит к потерям через стенки сформированных волноводов проходящего по ним светового потока и ограничивает спектр длин волн, для которых такие волноводы можно использовать.

#### Раскрытие изобретения

В основу заявляемого изобретения положена задача разработать способ изготовления оптического волноводного устройства, в котором за счет подбора вида облучения и материала, способного к преобразованию под действием облучения, обеспечивалась бы возможность упростить технологию получения оптического волноводного устройства, расширить спектральный диапазон проходящего по светопроводящему каналу светового потока и снизить его потери.

Эта задача решается тем, что в способе изготовления оптического волноводного устройства, включающем формирование на подложке слоя материала, способного под действием облучения изменять свои оптические свойства, облучение указанного слоя по заданной траектории или через шаблон или через маску осуществляется так, что в слое образуются участки с измененными по отношению к исходным оптическими свойствами материала, и получение целевого устройства, содержащего светопроводящие каналы, согласно заявляемому изобретению, в качестве материала слоя используют материал, обладающий прозрачностью, облучение указанного слоя осуществляют посредством пучка частиц,

выбранных и ускоренных так, что каждая частица при ее взаимодействии с материалом слоя обладает массой и энергией, достаточными для преобразования оптических свойств материала по всей толщине слоя облученного участка с увеличением его коэффициента поглощения и/или коэффициента отражения света, а светопроводящие каналы формируют на необлученных участках слоя, на каждом из которых сохраняют исходную прозрачность материала, при этом упомянутое формирование на подложке слоя осуществляют толщиной, меньшей или равной длине проективного пробега названных ускоренных частиц.

Благодаря изобретению стало возможно упростить технологию получения планарного оптического волноводного устройства, расширить спектральный диапазон проходящего по светопроводящему каналу светового потока и снизить его потери, а также уменьшить диаметр и повысить плотность расположения светопроводящих каналов заданной геометрической конфигурации в оптическом волноводном устройстве.

Согласно изобретению, полезно, чтобы в качестве материала слоя было использовано многоатомное соединение по меньшей мере одного металла или по меньшей мере одного химического элемента, обладающего свойствами полупроводника, с кислородом или водородом или азотом или фтором.

Согласно изобретению, предпочтительно, чтобы формирование на подложке слоя осуществляли толщиной от около 1 нм до около 100 нм.

Согласно изобретению, полезно, чтобы в качестве ускоренных частиц использовали электроны, протоны, атомы и ионы атомов.

Согласно изобретению, возможно в качестве атомов использовать атомы водорода и атомы гелия, в качестве ионов атомов использовать ионы гелия.

Целесообразно, согласно изобретению, чтобы в качестве многоатомного соединения металла, использовали оксиды химического элемента, выбранного из группы, включающей медь, железо, вольфрам, кобальт, никель, германий.

Предпочтительно, согласно изобретению, в качестве многоатомного соединения металла использовать гидрид лантана или гидрид эрбия, а в качестве многоатомного соединения химического элемента, обладающего свойствами по-

лупроводника, использовать нитриды галлия или нитриды кремния или фторид кальция.

Согласно изобретению, полезно, использовать упомянутый слой материала, обладающего прозрачностью, после образования в нем облученных участков, и светопроводящих каналов, в качестве подложки для создания объемного оптического волноводного устройства; последовательно формировать "п" слоев другого, чем в предшествующих слоях, материала, обладающего прозрачностью; последовательное формирование каждого последующего слоя на каждом предыдущем слое осуществлять толщиной, меньшей или равной длине проективного пробега названных ускоренных частиц; последовательно облучать каждый последующий слой пучком ускоренных частиц, выбранных и ускоренных так, что каждая частица при ее взаимодействии с материалом, нанесенным этим последующим слоем, обладает массой и энергией, достаточными для преобразования на облученном участке слоя оптических свойств материала, нанесенного этим последующим слоем, по всей его толщине с увеличением коэффициента поглощения и/или коэффициента отражения света; на каждом последующем слое образовывать облученные участки, имеющие увеличенные по отношению к исходным коэффициент поглощения, коэффициент преломления и коэффициент отражения света, и формировать светопроводящие каналы на его необлученных участках, на каждом из которых сохранять исходную прозрачность материала.

Дальнейшие цели и преимущества заявляемого изобретения станут понятны из последующего подробного описания способа изготовления оптического волноводного устройства, конкретных примеров выполнения этого способа и чертежей, на которых

фиг. 1, фиг. 2 и фиг. 3 изображают последовательность осуществления предлагаемого способа с использованием шаблона.

Патентуемый способ изготовления оптического волноводного устройства, согласно изобретению, включает формирование на подложке, выполненной, например, из кремния, алюминия или двуокиси кремния, слоя материала, обладающего оптической прозрачностью и способного под действием облучения изменять свои оптические свойства. Согласно изобретению, полезно, чтобы в

качестве материала слоя было использовано многоатомное соединение по меньшей мере одного металла или по меньшей мере одного химического элемента, обладающего свойствами полупроводника, с кислородом или водородом или азотом или фтором. Целесообразно, согласно изобретению, в качестве многоатомного соединения металла, использовать оксиды меди или железа или вольфрама или кобальта или никеля или германия, или использовать гидрид лантана или гидрид эрбия.

В качестве многоатомного соединения химического элемента, обладающего свойствами полупроводника, предпочтительно, согласно изобретению, использовать нитриды галлия или нитриды кремния или фторид кальция.

В соответствии с заявляемым способом, сформированный на подложке слой указанного материала затем подвергают облучению, обеспечивающему образование в названном слое участков с измененными по отношению к исходным оптическими свойствами материала. Согласно изобретению, облучение указанного слоя осуществляют посредством пучка частиц, выбранных и ускоренных так, что каждая частица при ее взаимодействии с материалом слоя обладает массой и энергией, достаточными для преобразования оптических свойств материала по всей толщине слоя облученного участка с увеличением его коэффициента поглощения и/или коэффициента отражения света. Экспериментально установлено, что названное преобразование оптических свойств материала достигается, если средняя энергия каждой частицы в пучке достаточна для обеспечения смещения атомов материала слоя. Согласно изобретению, полезно, чтобы в качестве ускоренных частиц использовали электроны, протоны, атомы и ионы атомов, при этом, возможно в качестве атомов использовать атомы водорода и атомы гелия, в качестве ионов атомов использовать ионы гелия.

Формирование на подложке слоя указанного выше материала осуществляют, согласно изобретению, толщиной, меньшей или равной длине проективного пробега названных ускоренных частиц. Установлено, что, например, при использовании для облучения протонов, имеющих энергию, равную 1 кэВ, длина проективного пробега протонов составляет примерно 100 нм, поэтому толщина облучаемого слоя не должна превышать 100 нм. Для преобразования материала слоя



по всей его толщине целесообразно формирование на подложке слоя осуществлять толщиной предпочтительно от около 1 нм до около 100 нм.

Предлагается облучение сформованного слоя осуществлять путем пропускания указанного пучка через шаблон или маску или путем перемещения сфокусированного пучка по поверхности слоя по заданной траектории или перемещением подложки со слоем относительно неподвижного сфокусированного пучка по заданной траектории.

В результате облучения слоя названного материала атомы металла (или химического элемента, обладающего свойствами полупроводника), являющиеся в данном случае атомами первого сорта, остаются в слое материала на облученных участках, а другие атомы (второго сорта) смещаются в материал подложки, практически не изменяя его свойств.

Энергию, передаваемую ускоренной частицей при ее взаимодействии с названными атомами материала слоя, определяют из известного соотношения

$$E_{\max} = 4 E_0 M_1 M_2 / (M_1 + M_2)^2, \text{ где}$$

$E_{\max}$  - максимальная передаваемая энергия от ускоренной частицы материалу слоя;

$E_0$  - энергия ускоренной частицы;

$M_1$  - масса ускоренной частицы;

$M_2$  - масса атома каждого сорта, с которым происходит соударение упомянутой ускоренной частицы.

Заявляемый способ осуществляют в технологической установке, схема которой известна для специалистов и содержит источник ускоренных частиц и расположенные в реакционной камере маску, электронную или ионную систему фокусирующих линз и подложку с нанесенным материалом. В процессе осуществления способа в реакционной камере создается необходимый вакуум или она заполняется инертным газом.

В результате осуществленного облучения в слое образуются участки с увеличенными коэффициентом поглощения и/или коэффициентом отражения света, которые образуют стенки светопроводящих каналов. Светопроводящие каналы, согласно изобретению, формируют между облученными участками на необ-

лученных участках слоя, где сохраняют исходную прозрачность материала. Результатом описанных выше действий и выполнения указанных условий является получение планарного оптического волноводного устройства, содержащего светопроводящие каналы.

Благодаря изобретению стало возможно упростить технологию получения оптического волноводного устройства, расширить спектральный диапазон проходящего по светопроводящему каналу светового потока и снизить его потери. Заявляемое изобретение позволяет изготавливать оптическое волноводное устройство, в котором светопроводящие каналы имеют минимизированные размеры и заданную геометрическую конфигурацию. Таким образом заявленное изобретение позволяет уменьшить диаметр светопроводящих каналов (до примерно 5 нм и более) и повысить плотность их расположения на подложке, при этом светопроводящие каналы могут иметь любую заданную геометрическую конфигурацию (в том числе с радиусом кривизны более 1 нм) в изготовленном, согласно заявляемому способу, оптическом волноводном устройстве.

Заявляемое изобретение, помимо планарной структуры оптического волноводного устройства, позволяет изготавливать оптическое волноводное устройство объемной структуры.

Для этого используют упомянутый слой материала, обладающего прозрачностью, после образования в нем облученных участков, и светопроводящих каналов, в качестве подложки для создания объемного оптического волноводного устройства. В соответствии с заявляемым способом, на такой подложке для объемного оптического волноводного устройства последовательно формируют "п" слоев другого, чем в предшествующих слоях, материала, обладающего прозрачностью. Необходимо отметить, что последовательное формирование каждого последующего слоя на каждом предыдущем слое осуществляют толщиной, меньшей или равной длине проективного пробега названных ускоренных частиц, как это указывалось выше, то есть предпочтительно толщиной от около 1 нм до около 100 нм. Далее, согласно заявляемому способу, последовательно облучают каждый последующий слой пучком ускоренных частиц, выбранных и ускоренных так, что каждая частица при ее взаимодействии с материалом, нанесенным этим

последующим слоем, обладает массой и энергией, достаточными для преобразования на облученном участке слоя оптических свойств материала, нанесенного этим последующим слоем, по всей его толщине с увеличением коэффициента поглощения и/или коэффициента преломления и/или коэффициента отражения света. При этом на каждом последующем слое образуют облученные участки, имеющие увеличенные по отношению к исходным коэффициент поглощения и/или коэффициент преломления и/или коэффициент отражения света, и формируют светопроводящие каналы на необлученных участках слоя, на каждом из которых сохраняют исходную прозрачность материала.

Заявляемый в качестве изобретения способ изготовления оптического волноводного устройства направлен на упрощение технологии, снижение потерь проходящего по волноводам светового потока и расширение спектрального диапазона, а также на уменьшение размеров, повышение плотности и устранений ограничений в конфигурации создаваемых светопроводящих каналов.

Лучший вариант осуществления изобретения

Указанный результат достигается тем, что способ изготовления оптического волноводного устройства включает преобразование путем облучения оптических свойств материала слоя, при этом для облучения используют пучки ускоренных частиц, а исходно прозрачный материал слоя преобразуют в непрозрачный или менее прозрачный.

Указанный результат достигается тем, что в качестве ускоренных частиц используют электроны, протоны, ионы гелия, атомы водорода или гелия.

Указанный результат достигается тем, что в качестве материала слоя используют многоатомные соединения металлов и/или полупроводников с кислородом, водородом, азотом, фтором.

Указанный результат достигается тем, что в качестве материала слоя используют оксиды металлов или полупроводников, а в качестве оксидов металлов или полупроводников используют оксиды меди, железа, вольфрама, германия.

Указанный результат достигается тем, что в качестве материала слоя используют гидриды металлов, а в качестве гидридов металлов используют гидрид лантана или эрбия.

Указанный результат достигается тем, что в качестве материала слоя используют нитриды металлов или полупроводников, а в качестве нитридов металлов или полупроводников используют нитрид галлия или кремния.

Указанный результат достигается тем, что в качестве материала слоя используют фториды металлов, а в качестве фторидов металлов используют фторид кальция.

Указанный результат достигается тем, что используют слой названного материала толщиной от около 1 нм до около 100 нм.

Указанный результат достигается тем, что формируют нескольких последовательно создаваемых слоев различных материалов, в каждом из которых последовательно преобразуют оптические свойства под воздействием определенного подобранного вида ускоренных частиц.

Отличительными признаками заявляемого изобретения являются:

- использование для облучения пучков ускоренных частиц;
- преобразование исходно прозрачного материала слоя в непрозрачный или менее прозрачный;
- использование в качестве ускоренных частиц электронов;
- использование в качестве ускоренных частиц протонов;
- использование в качестве ускоренных частиц ионов гелия;
- использование в качестве ускоренных частиц атомов водорода или гелия;
- использование в качестве материала слоя многоатомных соединений металлов и/или полупроводников;
- использование в качестве материала слоя оксидов металлов или полупроводников;
- использование в качестве оксидов металлов или полупроводников, оксидов меди, железа, вольфрама кобальта, никеля, германия;
- использование в качестве материала слоя гидридов металлов;
- использование в качестве гидридов металлов гидридов лантана или эрбия;
- использование в качестве материала слоя нитридов металлов или полупроводников;

использование в качестве нитридов металлов или полупроводников нитрида галлия или кремния;

использование в качестве материала слоя фторидов металлов;

использование в качестве фторидов металлов фторид кальция;

использование слоя материала толщиной  $1 \div 100$  нм;

формирование нескольких последовательно создаваемых слоев различных материалов, каждый из которых последовательно преобразует свои оптические свойства под воздействием одного вида частиц.

Преобразование оптических свойств материала слоя путем перевода выбранных областей из прозрачного состояния в непрозрачное или менее прозрачное позволяет снизить потери в сформированных волноводных структурах и расширить спектральный диапазон используемого оптического излучения, т.к. на границе раздела «прозрачный материал – непрозрачный» отражение от границы раздела происходит независимо от длины волны (в отличие от полного внутреннего отражения).

Использование для облучения пучков ускоренных частиц позволяет обеспечить преобразование оптических свойств материала слоя путем перевода из прозрачного состояния в непрозрачное или менее прозрачное, что является следствием взаимодействия ускоренных частиц с материалом слоя.

Как было установлено экспериментально, в качестве ускоренных частиц, обеспечивающих преобразование оптических свойств материала слоя, могут быть использованы пучки электронов, протонов, ионов гелия, а также атомов водорода и гелия.

Материал слоя может быть выбран из числа известных прозрачных оксидов, гидридов, нитридов и фторидов металлов или полупроводников. В перечисленных материалах под воздействием ускоренных частиц происходит изменение химического состава материала, а именно – в облученных участках этих материалов остаются только атомы металлов или полупроводников за счет селективного удаления атомов кислорода, водорода, азота или фтора.

При этом для каждого вида частиц и обрабатываемого ими материала экспериментально подбираются режимы обработки – плотность пучка, скорость

частиц в пучке, время экспозиции, а также пары «вид частиц – вид материала», обеспечивающие наиболее эффективное преобразование оптических свойств.

Использование слоя толщиной  $1 \div 100$  нм позволяет обеспечить достижение дополнительного технического результата – повышение плотности размещения оптических элементов создаваемой волноводной структуры.

В частности, если взять слой материала слоя толщиной, например, 10 нм, то можно, с одной стороны, обеспечить преобразование оптических свойств на всю толщину слоя, а используя сфокусированные пучки частиц или облучение через трафарет, получить облучаемые участки шириной 10 нм и заданной длины и конфигурации и с промежутками между облучаемыми областями в 10 нм. В результате получается планарная волноводная структура, имеющая разделительные непрозрачные слои размером  $10 \times 10$  нм и, соответственно, волноводные каналы размером  $10 \times 10$  нм.

Используя предлагаемый способ, можно изготавливать не только планарные структуры, но и объемные, многослойные. Для этого формируют несколько слоев различных материалов, каждый из которых последовательно преобразует свои оптические свойства под воздействием ускоренных частиц.

Для лучшего понимания данного изобретения приводятся следующие примеры его конкретного выполнения.

#### Пример 1.

На подложку 1 (фиг.1), которая может быть выполнена из кремния, алюминия или двуоксида кремния, наносят слой 2 материала требуемой толщины. В качестве материала используют прозрачные оксиды, гидриды, нитриды или фториды металлов или полупроводников.

Затем слой 2 материала облучают пучком ускоренных частиц, в качестве которых используют электроны, протоны, атомы водорода, атомы и ионы гелия. Облучение может осуществляться через шаблон 3 (фиг.2) с заданным рисунком, через маску (на фиг. не показано), наложенную на слой, или в режиме перемещения по определенной траектории сфокусированного пучка частиц по поверхности слоя или в режиме перемещения слоя относительно неподвижного сфокусированного луча.

Под воздействием ускоренных частиц на тех участках слоя 2 (фиг.3), которые подверглись облучению, происходит необратимое изменение химического состава материала слоя 2, влекущее за собой изменение оптических свойств материала – переход из прозрачного состояния в непрозрачное или менее прозрачное. В результате получается планарная волноводная структура, которая содержит волноводные оптические каналы 5 с заданной топологией, разделенные непрозрачными (или менее прозрачными) перегородками 4, которая может использоваться как самостоятельное оптическое волноводное устройство или составная часть его.

#### Примеры 2-16.

Способ реализовывался по общей схеме с использованием электронов в качестве частиц для облучения материала слоя. Для его реализации в вакуумной камере технологической установки на подложкодержателе устанавливают несколько подложек из монокристаллического кремния размером  $5 \times 5 \times 0,4$  мм, на которые нанесен слой материала требуемой толщины. Вакуумная камера откачивалась сначала форвакуумным и турбомолекулярным насосом, а затем ионным до давления  $10^{-9}$  торр. В качестве источника электронов используют электронную пушку с термокатодом из вольфрама. На пути электронного пучка устанавливают шаблон, в качестве которого используют пластину кремния толщиной 0,4 мм и размером  $50 \times 50$  мм с изготовленными в ней рядами отверстий диаметром 100 нм и сквозными прорезями в виде линий шириной 100 нм и длиной 3 мм и расстоянием между ними 300 нм. После откачки включают электронную пушку и устанавливают ее рабочий режим, обеспечивающий преобразование оптических свойств материала слоя. Режимы для каждого вида материала и толщины слоя подбирают экспериментально.

Некоторые из параметров, обеспечивающие достижение результата, приведены в таблице 1.

Таблица 1.

№№ п/п	Материал	Толщина слоя материала, нм	Ток элек- тронного	Средняя энер- гия

			пучка , $\mu\text{A}$	электронов, кэВ
2.	CuO	10	30	250
3.	- " -	20	20	300
4.	- " -	100	10	300
5.	WO <sub>3</sub>	10	10	350
6.	- " -	20	10	350
7.	- " -	100	10	350
8.	LaH <sub>3</sub>	10	10	200
9.	- " -	20	10	200
10.	- " -	100	10	200
11.	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	10	10	200
12.	- " -	20	10	200
13.	- " -	100	10	200
14.	CaF <sub>2</sub>	10	30	250
15.	- " -	20	30	250
16.	- " -	100	10	300

#### Примеры 17-46.

Способ осуществлялся как описано в примере 2-16, но с использованием ионов водорода и гелия и с использованием вместо электронной пушки соответствующего источника ионов. Некоторые параметры реализации способа приведены в таблице 2 для ионов водорода и в таблице 3 для ионов гелия.

Таблица 2.

№№ п/п	Материал	Толщина слоя материала, нм	Ток протонного пучка , $\mu\text{A}$	Средняя энергия протонов, кэВ
17.	CuO	10	1000	0.5
18.	- " -	20	1000	0.5



## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ изготовления оптического волноводного устройства, включающий формирование на подложке слоя материала, способного под действием облучения изменять свои оптические свойства, облучение указанного слоя по заданной траектории или через шаблон или через маску осуществляют так, что в слое образуются участки с измененными по отношению к исходным оптическими свойствами материала, и получение целевого устройства, содержащего светопроводящие каналы, отличающийся тем, что в качестве материала слоя используют материал, обладающий прозрачностью, облучение указанного слоя осуществляют посредством пучка частиц, выбранных и ускоренных так, что каждая частица при ее взаимодействии с материалом слоя обладает массой и энергией, достаточными для преобразования оптических свойств материала по всей толщине слоя облученного участка с увеличением его коэффициента поглощения и/или коэффициента отражения света, а светопроводящие каналы формируют на необлученных участках слоя, на каждом из которых сохраняют исходную прозрачность материала, при этом упомянутое формирование на подложке слоя осуществляют толщиной, меньшей или равной длине проективного пробега названных ускоренных частиц.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что в качестве материала слоя используют многоатомное соединение по меньшей мере одного металла или по меньшей мере одного химического элемента, обладающего свойствами полупроводника, с кислородом или водородом или азотом или фтором.

3. Способ по п.2, отличающийся тем, что формирование на подложке слоя осуществляют толщиной от около 1 нм до около 100 нм.

4. Способ по п.1, отличающийся тем, что в качестве ускоренных частиц используют электроны, протоны, атомы и ионы атомов.

5. Способ по п.4, отличающийся тем, что в качестве атомов используют атомы водорода и атомы гелия.

6. Способ по п.4, отличающийся тем, что в качестве ионов атомов используют ионы гелия.

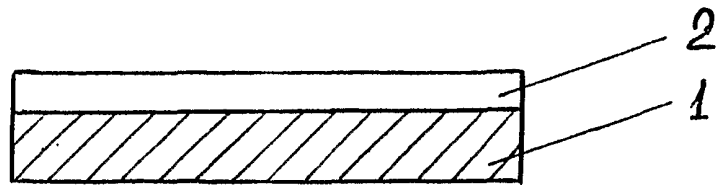
7. Способ по п.2, отличающийся тем, что в качестве многоатомного соединения металла, используют оксиды химического элемента, выбранного из группы, включающей медь, железо, вольфрам, кобальт, никель, германий.

8. Способ по п.2, отличающийся тем, что в качестве многоатомного соединения металла используют гидрид лантана или гидрид эрбия.

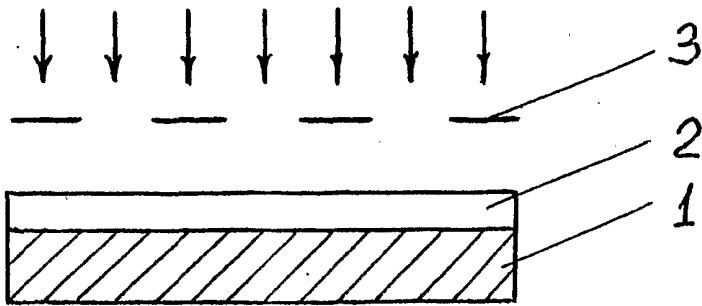
9. Способ по п.2, отличающийся тем, что в качестве многоатомного соединения химического элемента, обладающего свойствами полупроводника, используют нитриды галлия или нитриды кремния.

10. Способ по п.2, отличающийся тем, что в качестве многоатомного соединения химического элемента, обладающего свойствами полупроводника, используют фторид кальция.

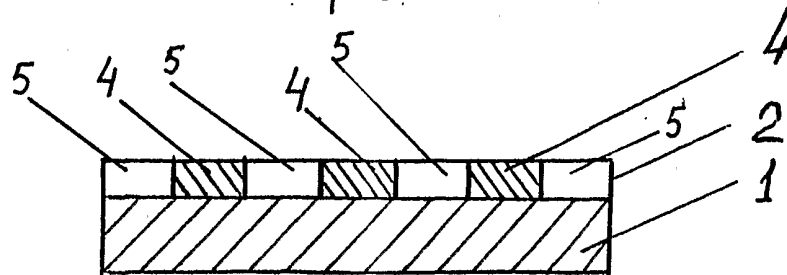
11. Способ по п.1, отличающийся тем, что используют упомянутый слой материала, обладающего прозрачностью, после образования в нем облученных участков, и светопроводящих каналов, в качестве подложки для создания объемного оптического волноводного устройства; последовательно формируют "п" слоев другого, чем в предшествующих слоях, материала, обладающего прозрачностью; последовательное формирование каждого последующего слоя на каждом предыдущем слое осуществляют толщиной, меньшей или равной длине проективного пробега названных ускоренных частиц; последовательно облучают каждый последующий слой пучком ускоренных частиц, выбранных и ускоренных так, что каждая частица при ее взаимодействии с материалом, нанесенным этим последующим слоем, обладает массой и энергией, достаточными для преобразования на облученном участке слоя оптических свойств материала, нанесенного этим последующим слоем, по всей его толщине с увеличением коэффициента поглощения и/или коэффициента отражения света; на каждом последующем слое образуют облученные участки, имеющие увеличенные по отношению к исходным коэффициент поглощения, коэффициент преломления и коэффициент отражения света, и формируют светопроводящие каналы на его необлученных участках, на каждом из которых сохраняют исходную прозрачность материала.



фиг. 1



фиг. 2



фиг. 3

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/RU 01/00495

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <b>IPC<sup>7</sup> G02B 6/13</b>		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) <b>IPC<sup>7</sup> G02B 6/00, 6/10, 6/12, 6/13</b>		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	R. Khansperdzher. Integralnaya optika. Teoriya i tekhnologiya, Moscow, Mir, 1985, pages 68-71, 73-75	1-11
A	US 5896484 A (CORNING INCORPORATED) <b>20 April 1999 (20.04.99)</b>	1-11
A	US 5018809 A (KOREA ADVANCED INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) <b>28 May 1991 (28.05.91)</b>	1-11
A	RU 2150135 C1 (INSTITUT PRIKLADNOI FIZIKI RAN) <b>27 May 2000 (27.05.00)</b>	1-11
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search <b>5 march 2002 (05.03.02)</b>		Date of mailing of the international search report <b>14 march 2002 (14.03.02)</b>
Name and mailing address of the ISA/ <b>R.U.</b>		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

# ОТЧЕТ О МЕЖДУНАРОДНОМ ПОИСКЕ

Международная заявка №  
PCT/RU 01/00495

А. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ:		G02B 6/13
Согласно международной патентной классификации (МПК-7)		
В. ОБЛАСТИ ПОИСКА:		
Проверенный минимум документации (система классификации и индексы) МПК-7: G02B 6/00, 6/10, 6/12, 6/13		
Другая проверенная документация в той мере, в какой она включена в поисковые подборки:		
Электронная база данных, использовавшаяся при поиске (название базы и, если, возможно, поисковые термины):		
С. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ:		
Категория*	Ссылки на документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №
А	Р. Хансперджер. Интегральная оптика. Теория и технология., Москва., Мир, 1985, с. 68-71, 73-75	1-11
А	US 5896484 A (CORNING INCORPORATED) Apr. 20, 1999	1-11
А	US 5018809 A (KOREA ADVANCED INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) May 28, 1991	1-11
А	RU 2150135 C1 (ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ РАН) 27.05.2000	1-11
<input type="checkbox"/> следующие документы указаны в продолжении графы С. <input type="checkbox"/> данные о патентах-аналогах указаны в приложении		
* Особые категории ссылочных документов: А документ, определяющий общий уровень техники Е более ранний документ, но опубликованный на дату международной подачи или после нее О документ, относящийся к устному раскрытию, экспонированию и т.д. Р документ, опубликованный до даты международной подачи, но после даты испрашиваемого приоритета и т.д. Т более поздний документ, опубликованный после даты приоритета и приведенный для понимания изобретения Х документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий новизну и изобретательский уровень Y документ, порочащий изобретательский уровень в сочетании с одним или несколькими документами той же категории & документ, являющийся патентом-аналогом		
Дата действительного завершения международного поиска: 05 марта 2002 (05.03.2002)	Дата отправки настоящего отчета о международном поиске: 14 марта 2002 (14.03.2002)	
Наименование и адрес Международного поискового органа: Федеральный институт промышленной собственности Россия, 121858, Москва, Бережковская наб., 30-1 Факс: 243-3337, телетайп: 114818 ПОДАЧА	Уполномоченное лицо:  Г. Горюнова  Телефон № (095)240-25-91	