

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2392646

СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СПИРАЛЬНОЙ ДЛИННОПЕРИОДНОЙ ВОЛОКОННОЙ РЕШЕТКИ (ВАРИАНТЫ)

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

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2008143851

Приоритет изобретения 05 ноября 2008 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 20 июня 2010 г.

Срок действия патента истекает 05 ноября 2028 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам



A handwritten signature in black ink, appearing to read "B.P. Simonov".

Б.П. Симонов



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2008143851/28, 05.11.2008

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
05.11.2008

(45) Опубликовано: 20.06.2010 Бюл. № 17

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: Ivanov O.V. «Fabrication of long-period
gratings by twisting a standard single-mode
fiber», Opt. Lett., V.30, p.3290-3292, 2005. JP
2001083338 A, 30.03.2001. JP 11-038238 A,
12.02.1999. US 6344298 B1, 05.02.2002.

Адрес для переписки:

197101, Санкт-Петербург, Кронверкский
пр., 49, ГОУВПО "СПбГУ ИТМО", ОИС и
НТИ

(72) Автор(ы):

Сидоров Александр Иванович (RU),
Цирухин Андрей Александрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

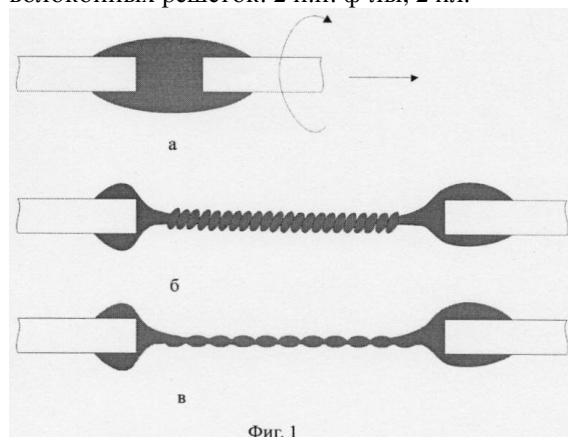
Государственное образовательное
учреждение высшего профессионального
образования "Санкт-Петербургский
государственный университет
информационных технологий, механики и
оптики" (RU)

(54) СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СПИРАЛЬНОЙ ДЛИННОПЕРИОДНОЙ ВОЛОКОННОЙ РЕШЕТКИ (ВАРИАНТЫ)

(57) Реферат:

Способ включает скручивание вокруг оси заготовки со скоростью 0,5...1 об/с и одновременно растягивание продольно со скоростью 0,1...1 мм/с. В первом варианте заготовка представляет собой раствор полимера с концентрацией 50...80% и полученное волокно смачивают растворителем полимера в течение 2...15 с и высушивают. Во втором варианте заготовка представляет собой расплав полимера и полученное волокно нагревают в течение 5...10 с до температуры, превышающей температуру размягчения полимера на 5...10°C, и охлаждают до комнатной температуры. Способ позволяет формировать на полимерном волокне спиральные гофры с периодом от 50 мкм до 1 мм и высотой гофра от 1 до 20 мкм.

Технический результат - упрощения технологии изготовления и расширение номенклатуры материалов и геометрических характеристик спиральных длиннопериодных волоконных решеток. 2 н.п. ф-лы, 2 ил.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21), (22) Application: **2008143851/28, 05.11.2008**(24) Effective date for property rights:
05.11.2008(45) Date of publication: **20.06.2010 Bull. 17**

Mail address:

**197101, Sankt-Peterburg, Kronverkskij pr., 49,
GOUVPO "SPbGU ITMO", OIS i NTI**

(72) Inventor(s):

**Sidorov Aleksandr Ivanovich (RU),
Tsirukhin Andrej Aleksandrovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Gosudarstvennoe obrazovatel'noe uchrezhdenie
vysshego professional'nogo obrazovaniya "Sankt-
Peterburgskij gosudarstvennyj universitet
informatsionnykh tekhnologij, mekhaniki i
optiki" (RU)**(54) **METHOD FOR MANUFACTURING OF HELICAL LONG-PERIOD FIBRE GRID (VERSIONS)**

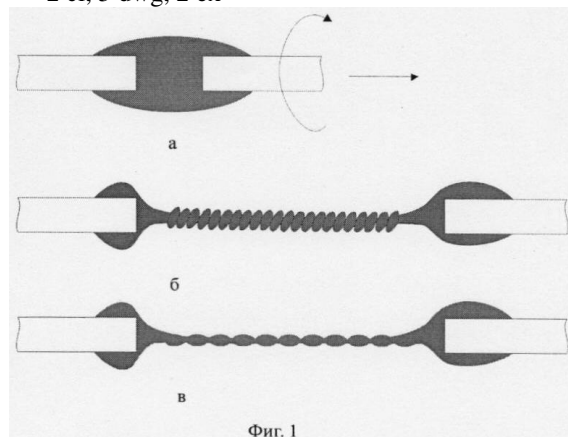
(57) Abstract:

FIELD: technological processes.

SUBSTANCE: method includes twisting of stock around axis with speed of 0.5...1 rotation per second and simultaneous longitudinal stretching with speed of 0.1...1 mm/s. In the first version stock is represented a solution of polymer with concentration of 50...80%, and produced fibre is soaked with polymer dissolvent for 2...15 s and dried. In the second version stock is represented by polymer melt, and produced fibre is heated for 5...10 s to the temperature that exceeds temperature of polymer softening by 5...10°C and cooled down to room temperature. Method makes it possible to form helical corrugations on polymer fibre with period from 50 micrometre to 1 mm and height of corrugation from 1 to 20 micrometre.

EFFECT: simplified technology of manufacturing and expanded nomenclature of materials and geometric characteristics of helical long-period fibre grids.

2 cl, 5 dwg, 2 ex



Фиг. 1

Изобретение относится к волноводной и волоконной оптике и может быть использовано для изготовления длиннопериодных волоконных решеток.

Длиннопериодные волоконные решетки используются в волоконной оптике в качестве датчиков температуры, давления, механического напряжения [S.W.James, R.P.Tatam. Optical fiber long-period grating sensors: characteristics and application. // Measur. Sci. and Technol., v.14, p.R49-R61, 2003], химических сенсоров [S.W.James, R.P.Tatam. Optical fiber long-period grating sensors: characteristics and application. // Measur. Sci. and Technol., v.14, p.R49-R61, 2003], в качестве широкополосных фильтров [H.J.Patric, A.D.Kersey, F.Bucholtz. Analysis of the response of long period fiber gratings to external index of refraction. // J. of Lightwave Technol., V.16, N.9, P.1606-1612, 1998], а также в качестве спектральных селекторов в волоконных лазерах [A.M.Vengsarkar, P.J.Lemaire, J.B.Judkins et al. Long-period fiber gratings as band-rejection filters. // J. of Lightwave Technol., v.14, N 1, p.58-65, 1996]. Как правило, они представляют собой волокно с гофрированной поверхностью, либо волокно с гладкой поверхностью, но с периодической модуляцией показателя преломления материала волокна. Гофры, либо модуляция показателя преломления длиннопериодной волоконной решетки может представлять собой спираль, ось которой совпадает с осью волокна [V.I.Kopp, V.M.Churikov, G. Zhang et al. Single- and double-helix chiral fiber sensors. // JOSA B, v.24, N.10, p.A48-A52, 2007]. У длиннопериодных волоконных решеток период гофра, модуляции показателя преломления, либо спирали лежит в интервале от 100 мкм до 1-2 мм. Длиннопериодные волоконные решетки применяются, в основном, для спектрального интервала 0.8-2 мкм.

Известен способ изготовления длиннопериодных волоконных решеток, на основе волокна из фоточувствительного стекла, заключающийся в том, что волокно подвергают воздействию ультрафиолетового лазерного излучения [S.W.James, R.P.Tatam. Optical fiber long-period grating sensors: characteristics and application. // Measur. Sci. and Technol., v.14, p.R49-R61, 2003]. Причем воздействие производится одновременно двумя лучами лазера. Интерференция лучей в объеме волокна приводит к образованию периодических областей с высокой и низкой интенсивностью излучения. В областях с высокой интенсивностью излучения происходит необратимое изменение показателя преломления волокна и формируется решетка. Вариантом изменения показателя преломления волокна и формируется решетка. Вариантом данного способа является способ, в котором воздействие ультрафиолетового лазерного излучения производится через амплитудную маску с периодическими отверстиями [S.W.James, R.P.Tatam. Optical fiber long-period grating sensors: characteristics and application. // Measur. Sci. and Technol., v.14, p.R49-R61, 2003]. Облучение волокна ультрафиолетовым излучением производится в течение 10-30 мин. Недостатками данных способов является сложность и высокая стоимость технологического оборудования - лазерные системы на основе эксимерных лазеров с высокой средней мощностью генерации, а также необходимость использования волокна из фоточувствительного стекла.

Известен способ изготовления длиннопериодных волоконных решеток, заключающийся в том, что участки волокна подвергают воздействию ускоренных ионов, после чего волокно отжигают при высокой температуре [M.Fujimaki, Y. Ohki. Fabrication of long-period fiber gratings by use of ion implantation. // Opt. Lett., v.25, p.88-89, 2000]. Ионы диффундируют в материал волокна, что приводит к изменению его показателя преломления. Недостатком данного способа является сложность и высокая стоимость технологического оборудования - ускорителя ионов, а также

необходимость последующего отжига волокна.

Известен способ изготовления длиннопериодных волоконных решеток [С.-Y.Lin, G.-W.Chern, L.A.Wang. Periodical corrugated structure for forming sample fiber Bragg grating and long-period fiber grating with tunable coupling strength. // J. of Lightwave Technol., v.19, N.8, p.1212-1220, 2001], заключающийся в том, что волокно из фоточувствительного стекла подвергают воздействию ультрафиолетового лазерного излучения с пространственно-периодическим распределением интенсивности, после чего волокно подвергают химическому травлению. В результате на поверхности волокна формируется гофр, представляющий собой длиннопериодную решетку. Недостатками данного способа являются сложность и высокая стоимость технологического процесса и технологического оборудования. Для изготовления гофрированного волокна требуются лазерные системы на основе эксимерных лазеров с высокой средней мощностью генерации, необходимость использования волокна из фоточувствительного стекла, а также необходимость последующего химического травления стекла.

Известен способ изготовления спиральных длиннопериодных волоконных решеток [O.V.Ivanov. Fabrication of long-period gratings by twisting a standard single-mode fiber. // Opt. Lett., v.30, p.3290-3292, 2005], выбранный в качестве прототипа, заключающийся в том, что волокно из стекла нагревают до температуры размягчения стекла, скручивают его вдоль оси, затем охлаждают. В результате волокно приобретает продольную спиральную структуру. Недостатком способа является необходимость использования высоких температур (для волокна из кварцевого стекла - 1400...1500°C), невозможность получения периода менее 100 мкм и малое значение толщины формируемого спирального гофра - менее 0.5 мкм.

Изобретение решает задачу упрощения технологии изготовления и расширение номенклатуры материалов и геометрических характеристик спиральных длиннопериодных волоконных решеток.

Сущность заявляемого способа заключается в следующем. Заготовку одновременно со скручиванием растягивают продольно со скоростью 0.1...1 мм/с, а скручивают - со скоростью 0.5...1 об/с, полученное волокно, в случае заготовки, представляющей собой раствор полимера с концентрацией 50...80%, смачивают растворителем полимера в течение 2...15 с и высушивают. Полученное волокно, в случае заготовки, представляющей собой расплав полимера, нагревают в течение 5...10 с до температуры, превышающей температуру размягчения полимера на 5...10°C, и охлаждают до комнатной температуры.

При одновременном растягивании и скручивании капли раствора либо расплава полимера формируется волокно в виде спирали с плотно упакованными витками. Период витков спирали зависит от соотношения скоростей растягивания и вращения. Значения скоростей растягивания и скручивания получены экспериментально. В результате кратковременного смачивания волокна растворителем полимера либо кратковременного нагрева его до температуры, превышающей температуру размягчения, происходит склеивание либо сплавление поверхностей соседних витков спирали и формируется сплошное волокно со спиральной гофрированной поверхностью. Толщина спирального гофра определяется продолжительностью смачивания растворителем либо продолжительностью нагрева.

Примеры конкретной реализации изобретения.

Сущность изобретения поясняется фиг.1 и фиг.2. На фиг.1, а схематично показана капля раствора или расплава полимера, расположенная на совмещенных торцах двух

5 стержней или стеклянных волокон. На фиг.1, б показано сформированное спиральное волокно после растяжения и скручивания капли полимера. На фиг.1, в показано сформированное спиральное волокно после его обработки путем смачивания растворителем либо нагрева. На фиг.2, а показано сформированное спиральное
 5 волокно из поливинилацетата. На фиг.2, б показано сформированное спиральное волокно из полиуретана.

Пример 1. В качестве стержней используют два отрезка волокна из кварцевого
 10 стекла диаметром 130 мкм. Каплю раствора поливинилацетата в этилацетате с концентрацией 70% и объемом 3 мм³ помещают между торцами совмещенных волокон (фиг.1, а). Одно из волокон удаляют от другого волокна со скоростью 0.5 мм/с с одновременным вращением волокна вокруг оси со скоростью 1 об/с. В результате формируется полимерное волокно в виде спирали с плотно упакованными
 15 витками (фиг.1, б). Затем сформированное полимерное волокно смачивают этилацетатом в течение 5 с и высушивают. При этом происходит склеивание поверхностей соседних витков спирали и формируется сплошное полимерное волокно со спиральной гофрированной поверхностью (фиг.1, в). Фотография волокна показана на Фиг.2, а. Диаметр волокна равен 50 мкм, период спирального гофра
 20 равен 55 мкм, высота гофра - 15 мкм. При увеличении продолжительности смачивания растворителем до 15 с высота гофра уменьшается до 1 мкм.

Пример 2. В качестве стержней используют два отрезка волокна из кварцевого
 25 стекла диаметром 130 мкм. Каплю расплава полиуретана ($T_{\text{разм}}=193^{\circ}\text{C}$) объемом 3 мм³ помещают между торцами совмещенных волокон (фиг.1, а). Одно из волокон удаляют от другого волокна со скоростью 1 мм/с с одновременным вращением волокна вдоль оси со скоростью 0.8 об/с. В результате формируется полимерное
 30 волокно в виде спирали с плотно упакованными витками (фиг.1, б). Затем полимерное волокно нагревают до температуры 200°C в течение 5 с и охлаждают до комнатной температуры. При этом происходит сплавление поверхностей соседних витков
 35 спирали и формируется сплошное полимерное волокно со спиральной гофрированной поверхностью (фиг.1, в). Фотография волокна показана на фиг.2, б. Диаметр волокна равен 100 мкм, период спирального гофра равен 300 мкм, высота гофра - 20 мкм. При увеличении продолжительности нагрева до 10 с высота гофра уменьшается до 10 мкм.

Из приведенных примеров следует, что предлагаемое техническое решение
 40 позволяет изготавливать спиральные длиннопериодные волоконные решетки из полимеров без использования сложного и дорогостоящего технологического оборудования, что упрощает технологию. Предлагаемый способ позволяет формировать спиральные гофры на полимерных волокнах различного состава. Дополнительным достоинством является возможность варьирования высоты
 45 спирального гофра. Высокая чувствительность полимеров к внешним воздействиям (температура, давление и др.) по сравнению со стеклами дает возможность повысить чувствительность волоконных датчиков.

Предлагаемое техническое решение может быть использовано для изготовления
 50 длиннопериодных волоконных решеток, применяемых в волоконно-оптических датчиках и сенсорах.

Формула изобретения

1. Способ изготовления спиральной длиннопериодной волоконной решетки, заключающийся в формировании волокна с продольной спиральной структурой путем скручивания вокруг оси заготовки, отличающийся тем, что заготовку

одновременно со скручиванием растягивают продольно со скоростью 0,1...1 мм/с, а скручивают - со скоростью 0,5...1 об/с, полученное волокно в случае заготовки, представляющей собой раствор полимера с концентрацией 50...80%, смачивают растворителем полимера в течение 2...15 с и высушивают.

5 2. Способ изготовления спиральной длиннопериодной волоконной решетки, заключающийся в формировании волокна с продольной спиральной структурой путем скручивания вокруг оси заготовки, отличающийся тем, что заготовку
10 одновременно со скручиванием растягивают продольно со скоростью 0,1...1 мм/с, а скручивают - со скоростью 0,5...1 об/с, полученное волокно в случае заготовки, представляющей собой расплав полимера, нагревают в течение 5...10 с до температуры, превышающей температуру размягчения полимера на 5...10°C, и охлаждают до комнатной температуры.

15

20

25

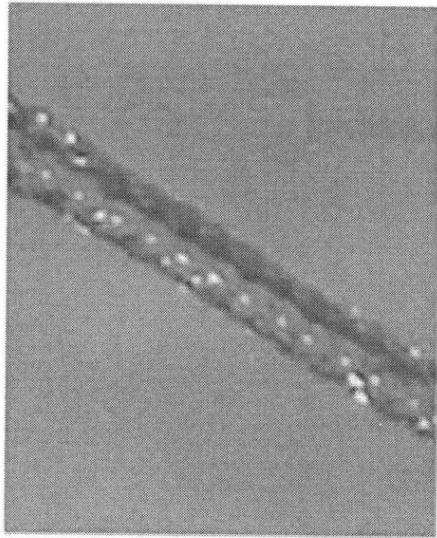
30

35

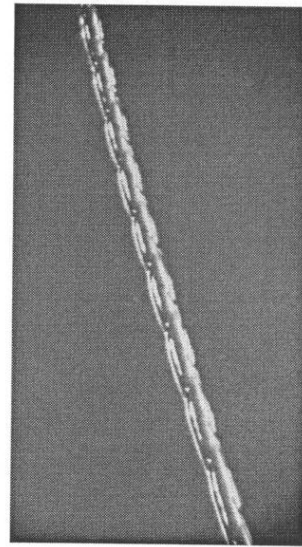
40

45

50



а



б

Фиг. 2