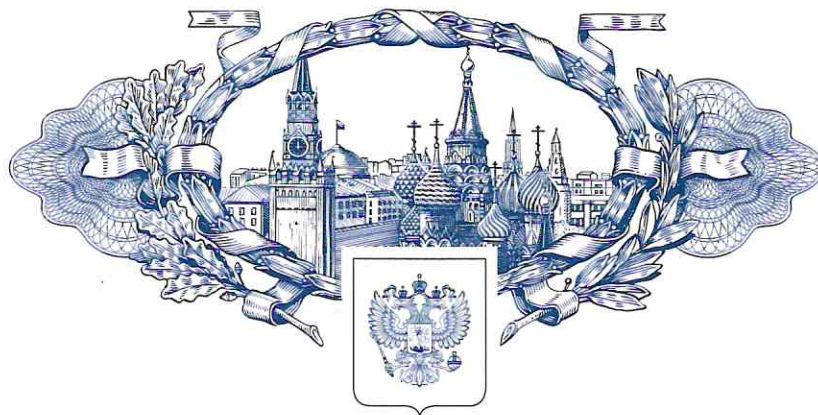


РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2726738

Способ создания структур показателя преломления внутри образца из прозрачного материала и устройство для его реализации

Патентообладатели: *Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт автоматики и электрометрии Сибирского отделения Российской академии наук (ИАиЭ СО РАН) (RU), Федеральное государственное автономное учреждение высшего образования "Новосибирский национальный исследовательский государственный университет" (Новосибирский государственный университет, НГУ) (RU)*

Авторы: *см. на обороте*

Заявка № 2019143020

Приоритет изобретения 18 декабря 2019 г.

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 16 июля 2020 г.

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает 18 декабря 2039 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев



Авторы: *Бабин Сергей Алексеевич (RU), Вольф Алексей
Анатольевич (RU), Достовалов Александр Владимирович (RU),
Терентьев Вадим Станиславович (RU)*

RU 2726738 C1



(51) МПК
G02B 6/02 (2006.01)
G02B 6/10 (2006.01)
B23K 26/082 (2014.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) **ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

(52) СПК
G02B 6/02076 (2020.02); *G02B 6/10* (2020.02); *B23K 26/082* (2020.02)

(21)(22) Заявка: 2019143020, 18.12.2019

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
 18.12.2019

Дата регистрации:
 16.07.2020

Приоритет(ы):
 (22) Дата подачи заявки: 18.12.2019

(45) Опубликовано: 16.07.2020 Бюл. № 20

Адрес для переписки:
 630090, г. Новосибирск, пр. ак. Коптюга, 1,
 ИАиЭ СО РАН, Инновационный отдел

(72) Автор(ы):

Бабин Сергей Алексеевич (RU),
 Вольф Алексей Анатольевич (RU),
 Достовалов Александр Владимирович (RU),
 Терентьев Вадим Станиславович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт автоматизации и электрометрии Сибирского отделения Российской академии наук (ИАиЭ СО РАН) (RU),
 Федеральное государственное автономное учреждение высшего образования "Новосибирский национальный исследовательский государственный университет" (Новосибирский государственный университет, НГУ) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2695286, 22.07.2019. US 9488778 B2, 08.11.2016. WO 2013067647 A1, 16.05.2013. CN 101576711 A, 11.11.2009.

(54) Способ создания структур показателя преломления внутри образца из прозрачного материала и устройство для его реализации

(57) Формула изобретения

1. Способ создания структуры показателя преломления внутри образца из прозрачного материала воздействием на образец сфокусированного пучка излучения фемтосекундного лазера, при котором одновременно с подачей пучка излучения обеспечивают сканирование образца путем формирования наклонного падения пучка на апертуру микрообъектива на заданный угол α , определяющий поперечный размер $2\Delta x_2$ структуры показателя преломления в образце $2\Delta x_2 \approx 2\alpha f_3$, где Δx_2 - амплитуда сканирования, f_3 - фокусное расстояние микрообъектива, α - угол падения пучка фемтосекундного лазерного излучения на апертуру микрообъектива, и перемещают образец в направлении, перпендикулярном перемещению пучка.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что для создания однородных волоконных брэгговских решеток задают сканирование в поперечном к оси образца, выполненного

в виде оптического световода диаметром D , направлении по синусу с частотой ν_s и перемещают оптический световод с постоянной скоростью V вдоль оси оптического световода, при этом период однородных ВБР будет равен $\Lambda=V/(2\nu_s)$, причем амплитуда сканирования Δx_2 должна быть больше диаметра сердцевины оптического световода D .

3. Способ по п. 1, отличающийся тем, что для создания наклонных волоконных брэгговских решеток внутри образца из прозрачного материала осуществляют развертку пучка фемтосекундного лазерного излучения, при этом функцию сканирования пучка фемтосекундного лазерного излучения задают в виде треугольной функции при непрерывном перемещении оптического световода вдоль оси световода, при этом угол наклона штрихов волоконной брэгговской решетки α в данном случае зависит как от скорости перемещения оптического световода V , так и от частоты сканирования луча ν : $\text{tg}(\alpha)=V/(2D\nu_s)$.

4. Способ по п. 1, отличающийся тем, что для создания длиннопериодных решеток показателя преломления внутри образца из прозрачного материала производят наложение соседних треков, формирующих периодическую структуру показателя преломления с периодом $\Lambda=2V\tau$, где τ - время, в течение которого осуществляют подачу пучка излучения, V - скорость перемещения оптического световода.

5. Способ по п. 1, отличающийся тем, что для создания однородных волноводных структур показателя преломления с увеличенным по отношению к невозмущенной части значением показателя преломления внутри образца из прозрачного материала производят наложение соседних треков при непрерывном перемещении образца, при этом поперечный размер волноводной структуры D равен $2\Delta x_2$.

6. Способ по п. 1, отличающийся тем, что для создания волноводных структур показателя преломления с разветвлением внутри образца из прозрачного материала осуществляют синхронизацию моментов подачи пучка фемтосекундного лазера и формирование наклонного падения пучка на апертуру микрообъектива, при этом диаметр оптической волноводной структуры $D=2\tau\nu_s\times\Delta x_2$, где τ - время, в течение которого осуществляют подачу пучка излучения, ν_s - частота сканирования пучка фемтосекундного лазерного излучения, а расстояние на которое можно развести оптические волноводы равно $d=2\Delta x_2-D-2\tau_c\nu_s\times\Delta x_2=2\Delta x_2(1-\tau\nu_s-\tau_c\nu_s)$, где τ_c - время, в течение которого не происходит подачи излучения, при непрерывном перемещении образца.

7. Устройство для создания структуры показателя преломления внутри образца из прозрачного материала, которое содержит виброизолированный стенд, на котором размещен позиционер для размещения изготавливаемого образца из прозрачного материала, фемтосекундный лазер, содержащий затвор, и сканерный модуль, который содержит последовательно оптически связанные и формирующие оптическую ось схемы устройства, первую собирающую линзу, вторую собирающую линзу, расположенные относительно друг друга на расстоянии, равном сумме фокусных расстояний первой и второй собирающих линз, микрообъектив, расположенный на расстоянии, равном фокусному расстоянию второй собирающей линзы сканерного модуля, отличающееся тем, что в сканерный модуль введено оптически связанное с первой и второй собирающими линзами поворотное зеркало, которое выполнено с возможностью вращения вокруг оси, перпендикулярной оптической оси схемы устройства, устройство также дополнительно оснащено блоком анализа, который предназначен для одновременного формирования управляющих сигналов для позиционера и затвора фемтосекундного лазера и осуществления позиционирования латерального смещения

пучка фемтосекундного лазерного излучения в область фокусировки посредством вращения поворотного зеркала в соответствии с зависимостью

$$\Delta x_2 \approx \alpha f_3 = 2\theta f_1 \frac{f_3}{f_2}$$

где f_3 - фокусное расстояние микрообъектива, α - угол падения пучка фемтосекундного лазерного излучения на апертуру микрообъектива, f_1 - фокусное расстояния первой собирающей линзы и f_2 - фокусное расстояния второй собирающей линзы, θ - угол поворота поворотного зеркала, а позиционер расположен таким образом, чтобы изготавливаемый образец был в фокусе микрообъектива, выполнен с возможностью перемещения.

8. Устройство по п. 7, отличающееся тем, что для создания структур показателя преломления внутри световода, последний должен быть размещен в прозрачной феруле со шлифованной боковой гранью, обращенной к излучению.