



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2015131260/28, 27.07.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
27.07.2015

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 27.07.2015

(45) Опубликовано: 20.11.2016 Бюл. № 32

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: A.S.Kurkov "ALL-FIBER PULSED RAMAN SOURCE BASED ON YB:BI FIBER LASER" Laser Phys. Lett. v.4, 6, 449-451, 2007. US 2013058366 A1, 07.03.2013. RU 2158458 C1, 27.10.2000. US 2014133500 A1, 15.05.2014.

Адрес для переписки:

630090, г. Новосибирск, ул. Пирогова, 2,
Новосибирский государственный университет,
отдел управления ИС, Беляевой Н.А.

(72) Автор(ы):

Кобцев Сергей Михайлович (RU),
Кукарин Сергей Владимирович (RU),
Кохановский Алексей Юрьевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

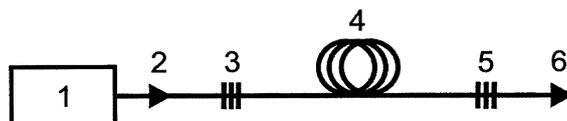
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
образования "Новосибирский национальный
исследовательский государственный
университет" (Новосибирский
государственный университет, НГУ) (RU)

(54) СИНХРОННО-НАКАЧИВАЕМЫЙ РАМАНОВСКИЙ ПОЛНОСТЬЮ ВОЛОКОННЫЙ ИМПУЛЬСНЫЙ ЛАЗЕР НА ОСНОВЕ КВАРЦЕВОГО ОПТОВОЛОКНА, ЛЕГИРОВАННОГО ОКСИДОМ ФОСФОРА

(57) Реферат:

Изобретение относится к лазерной технике. Синхронно-накачиваемый рамановский полностью волоконный импульсный лазер на основе кварцевого оптоволокна, легированного оксидом фосфора, содержит линейный резонатор, образованный двумя брэгговскими решетками, одна брэгговская решетка резонатора полностью отражает излучение первого стоксового компонента рамановского рассеяния оксида фосфора, а другая решетка отражает его частично для вывода излучения из резонатора. В качестве

активной среды используется отрезок кварцевого оптоволокна, легированного оксидом фосфора. Источником излучения накачки служит импульсный источник с длительностью импульсов излучения от 100 до 240 пикосекунд, при этом длина оптоволокна составляет величину в диапазоне 1-100 м. Технический результат заключается в получении импульсов излучения лазера на первой стоксовой компоненте оксида фосфора с длительностью менее 300 пикосекунд. 5 з.п. ф-лы, 2 ил.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2015131260/28, 27.07.2015

(24) Effective date for property rights:
27.07.2015

Priority:

(22) Date of filing: 27.07.2015

(45) Date of publication: 20.11.2016 Bull. № 32

Mail address:

630090, g. Novosibirsk, ul. Pirogova, 2, Novosibirskij
gosudarstvennyj universitet, otdel upravlenija IS,
Beljaevoj N.A.

(72) Inventor(s):

Kobtsev Sergej Mikhajlovich (RU),
Kukarin Sergej Vladimirovich (RU),
Kokhanovskij Aleksej JUrevich (RU)

(73) Proprietor(s):

federalnoe gosudarstvennoe avtonomnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniya "Novosibirskij natsionalnyj
issledovatel'skij gosudarstvennyj universitet"
(Novosibirskij gosudarstvennyj universitet,
NGU) (RU)

(54) **SYNCHRONOUS-PUMPED RAMAN ALL-FIBRE PULSED LASER BASED ON QUARTZ OPTICAL FIBRE DOPED WITH PHOSPHORUS OXIDE**

(57) Abstract:

FIELD: laser engineering.

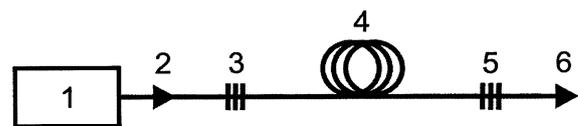
SUBSTANCE: invention relates to laser equipment.

Synchronous-pumped Raman all-fibre pulsed laser based on quartz optical fibre doped with phosphorus oxide, comprises a linear resonator formed by two Bragg gratings, one Bragg grating of resonator completely reflects radiation of a first Stokes component of Raman scattering of phosphorus oxide, and other grating reflects it partially to output radiation from resonator. Active medium used is a piece of quartz optical fibre, doped with phosphorus oxide. Pumping radiation source is a pulse source with radiation pulse

duration from 100 to 240 picoseconds, wherein length of optical fibre is in range of 1-100 m.

EFFECT: technical result consists in production of laser radiation pulses at a first Stokes component of phosphorus oxide with duration shorter than 300 picoseconds.

6 cl, 2 dwg



Фиг. 1

Настоящее изобретение относится к лазерам - приборам для генерации когерентных электромагнитных волн и промышленно применимо в устройствах и системах, использующих лазерное излучение.

Из существующего уровня техники известен эффект вынужденного комбинационного рассеяния (эффект Рамана) в оптоволокне (R.H. Stolen, E.P. Ippen, and A.R. Tynes. Raman oscillation in glass optical waveguide. Appl. Phys. Lett. 20, 62 (1972)), позволяющий осуществлять спектральное преобразование излучения в длинноволновую область спектра и создавать на основе этого эффекта рамановские волоконные лазеры (M. Rinia, I. Cristiana, V. Degiorgio, A. Kurkov, V.M. Paramonov. Experimental and numerical optimization of a fiber Raman laser. Opt. Commun. 203, 139-144 (2002)) с использованием различных волокон - германо-силикатных, фосфорно-силикатных и других.

Недостатком данного технического решения является то, что при использовании германо-силикатного оптоволокна эффект Рамана позволяет получить относительно небольшой спектральный сдвиг от входящего в состав волокна SiO_2 (440 см^{-1}), а обеспечивающее существенно больший спектральный сдвиг (1330 см^{-1}) фосфорно-силикатное оптоволокно, содержащее оксид фосфора (P_2O_5), не позволяет получить относительно короткие пикосекундные импульсы излучения.

Известен синхронно-накачиваемый вынужденного комбинационного рассеяния (ВКР) волоконный лазер на основе германо-силикатного оптоволокна (Е.М. Дианов, П.В. Мамышев, А.М. Прохоров, Д.Г. Фурса. Субпикосекундный перестраиваемый синхронно-накачиваемый волоконно-оптический ВКР лазер. Письма в ЖЭТФ, т. 45, вып. 10, с. 469-471 (1987)).

Недостатком данного технического решения является относительно небольшой спектральный сдвиг от входящего в состав волокна SiO_2 (440 см^{-1}), а также то, что лазер не является полностью волоконным - для накачки используется неволоконный Nd:YAG лазер.

Наиболее близким к заявленному техническому решению является синхронно-накачиваемый рамановский полностью волоконный импульсный лазер на основе кварцевого оптоволокна, легированного оксидом фосфора, содержащий линейный резонатор, образованный двумя брэгговскими решетками, спектры отражения которых центрированы на длине волны излучения первой стоксовой компоненты оксида фосфора, содержащий между брэгговскими решетками в качестве активной среды отрезок кварцевого оптоволокна, легированного оксидом фосфора, преобразующего излучение накачки в излучение первого стоксового компонента вынужденного комбинационного (рамановского) рассеяния оксида фосфора, одна брэгговская решетка резонатора полностью отражающая излучение первого стоксового компонента рамановского рассеяния оксида фосфора, а другая решетка отражающая его частично для вывода излучения рамановского импульсного лазера из резонатора, оптически связанный периодический импульсный источник излучения накачки с периодом следования импульсов, кратным времени обхода генерируемым импульсом линейного резонатора (A.S.Kurkov, V.V. Dvoyrin, V.M. Paramonov, O.I. Medvedkov, E.M. Dianov. All-fiber pulsed Raman source based on Yb:Bi fiber laser. Laser Phys. Lett. v. 4, No. 6, 449-451 (2007)).

Недостатком этого технического решения является относительно большая длительность импульсов выходного излучения лазера, составляющая 3 мксек. Относительно большая длительность импульсов выходного излучения рамановского лазера обусловлена в данном случае большой длительностью импульсов накачки, работающей в режиме модуляции добротности.

Задачей, на решение которой направлено заявляемое изобретение, является получение существенно более коротких (пикосекундных) импульсов излучения рамановского полностью волоконного лазера на первой стоксовой компоненте оксида фосфора.

5 Данная задача решается за счет того, что в известном синхронно-накачиваемом рамановском полностью волоконном импульсном лазере на основе кварцевого оптоволокна, легированного оксидом фосфора, содержащем линейный резонатор, образованный двумя брэгговскими решетками, спектры отражения которых
10 центрированы на длине волны излучения первой стоксовой компоненты оксида фосфора, содержащий между брэгговскими решетками в качестве активной среды отрезок кварцевого оптоволокна, легированного оксидом фосфора, преобразующего излучение накачки в излучение первого стоксового компонента вынужденного комбинационного (рамановского) рассеяния оксида фосфора, одна брэгговская решетка резонатора полностью отражающая излучение первого стоксового компонента рамановского
15 рассеяния оксида фосфора, а другая решетка отражающая его частично для вывода излучения рамановского импульсного лазера из резонатора, оптически связанный периодический импульсный источник излучения накачки с периодом следования импульсов, кратным времени обхода генерируемым импульсом линейного резонатора, согласно изобретению источником излучения накачки служит импульсный источник с длительностью импульсов излучения от 100 до 240 пикосекунд, при этом длина
20 оптоволокна составляет величину в диапазоне 1-100 м.

В частности, молярная концентрация оксида фосфора в сердцевине оптоволокна может составлять величину в диапазоне 1-30%.

В частности, диаметр сердцевины оптоволокна может составлять величину в диапазоне 3-25 мкм.

25 В частности, ширины рабочих спектральных областей брэгговских отражателей линейного резонатора могут превышать 5 нм.

В частности, импульсный источник излучения накачки может быть выполнен в виде волоконного лазера с синхронизацией мод излучения.

30 В частности, импульсный источник излучения накачки может быть выполнен в виде рамановского импульсного волоконного лазера.

Из уровня техники не известно устройство, имеющее совокупность заявляемых признаков, т.е. оно обладает новизной.

Техническим результатом, обеспечиваемым приведенной совокупностью признаков, является достижение в синхронно-накачиваемом рамановском полностью волоконном
35 импульсном лазере на основе фосфорно-силикатного оптоволокна с линейным резонатором и с накачкой излучением, длительность импульсов которого составляет величину в диапазоне от 100 до 240 пикосекунд, длительности выходных импульсов лазера менее 300 пс на первой стоксовой компоненте оксида фосфора.

Сущность изобретения поясняется следующими схемами.

40 На фиг. 1 представлена схема синхронно-накачиваемого рамановского импульсного лазера на основе кварцевого оптоволокна, легированного оксидом фосфора: 1 - источник излучения накачки, 2 - излучение накачки, 3 - брэгговская решетка резонатора, полностью отражающая излучение первого стоксового компонента рамановского
45 рассеяния оксида фосфора, 4 - кварцевое оптоволокно, легированное оксидом фосфора, 5 - брэгговская решетка резонатора, частично отражающая излучение первого стоксового компонента рамановского рассеяния оксида фосфора, 6 - выходное излучение синхронно-накачиваемого рамановского импульсного лазера.

На фиг. 2 приведена зависимость доли излучения на первой стоксовой компоненте

оксида фосфора в выходном излучении импульсного рамановского лазера от длительности импульсов накачки.

Работает устройство следующим образом.

Периодическое импульсное излучение накачки 2 (фиг. 1), генерируемое источником 5 1 оптического излучения накачки, попадает в линейный резонатор рамановского лазера, образованный двумя брэгговскими решетками 3 и 5, спектры отражения которых центрированы на длине волны излучения первой стоксовой компоненты оксида фосфора, содержащий между брэгговскими решетками в качестве активной среды отрезок 4 кварцевого оптоволокна, легированного оксидом фосфора, преобразующего излучение 10 накачки в выходное излучение 6 рамановского лазера на первой стоксовой компоненте оксида фосфора. Для накачки рамановского лазера применяется синхронная накачка: период следования импульсов накачки кратен времени обхода генерируемым импульсом линейного резонатора рамановского лазера. Использование многопроходного 15 линейного резонатора с брэгговскими решетками, отражающими излучение первой стоксовой компоненты оксида фосфора, позволяет повысить эффективность генерации импульсного рамановского лазера на первой стоксовой компоненте оксида фосфора. Как показали экспериментальные исследования авторов данной заявки (фиг. 2), доля излучения на первой стоксовой компоненте оксида фосфора в выходном излучении импульсного рамановского лазера может достигать 30%. Для достижения доли излучения 20 на первой стоксовой компоненте оксида фосфора в выходном излучении импульсного рамановского лазера в диапазоне 25-30% (заштрихованный участок на фиг. 2), длительность импульсов накачки должна составлять величину в диапазоне 100-240 пс. Получение импульсов такой длительности не является научно-технической или технологической проблемой: известны пикосекундные волоконные лазеры, 25 обеспечивающие высокую мощность (или энергию) импульсов при их длительности несколько пикосекунд (лазер PICOPOWER компании Alphalas GmbH; лазер DUETTO компании Time-Bandwidth). Для увеличения длительности этих импульсов до значений в диапазоне 100-240 пс можно использовать дополнительное оптоволокно на выходе лазера накачки для дисперсионного "растягивания" импульсов во времени. Временное 30 "растягивание" ("stretching" в западной литературе) импульсов при помощи пропускания их через длинное оптоволокно (длиной в десятки или сотни метров) является стандартным известным способом увеличения длительности лазерных импульсов ("Temporal Stretching of Laser Pulses", глава 10 в книге "Coherence and Ultrashort Pulse Laser Emission", edited by F.J. Duarte, ISBN 978-953-307-242-5, 698 pages, publisher: InTech).

35 Важным преимуществом временного "растягивания" импульсов с помощью дополнительного оптоволокна системы является то, что лазерная система при этом остается полностью волоконной: дополнительное волокно может быть приварено одним концом к волоконному лазеру накачки, а другим концом к резонатору рамановского лазера. Получение импульсов накачки требуемой длительности может 40 быть осуществлено и другим путем - регулировкой их длительности непосредственно в лазере накачки (например, с помощью "Tunable Pulse Stretcher for Ultrafast Fiber Lasers" компании TeraXion).

При длине оптоволокна в диапазоне 1-100 м достигается наилучшая эффективность генерации синхронно-накачиваемого рамановского полностью волоконного 45 пикосекундного лазера на основе кварцевого оптоволокна, легированного оксидом фосфора, на первой стоксовой компоненте оксида фосфора. При малой длине волокна (<1 м) невозможно обеспечить достаточное рамановское усиление для сравнительно эффективной генерации излучения на первой стоксовой компоненте оксида фосфора,

а при большой длине волокна (>100 м) начинает существенно увеличиваться длительность импульсов рамановского лазера на первой стоксовой компоненте оксида фосфора из-за заметного влияния дисперсии оптоволокна.

5 Кварцевое оптоволокно, легированное оксидом фосфора, является коммерчески доступным, его можно свободно приобрести (в России его поставляет инновационное предприятие "НЦВО - Фотоника").

Формула изобретения

1. Синхронно-накачиваемый рамановский полностью волоконный импульсный лазер
10 на основе кварцевого оптоволокна, легированного оксидом фосфора, содержащий линейный резонатор, образованный двумя брэгговскими решетками, спектры отражения которых центрированы на длине волны излучения первой стоксовой компоненты оксида фосфора, содержащий между брэгговскими решетками в качестве активной среды отрезок кварцевого оптоволокна, легированного оксидом фосфора, преобразующего
15 излучение накачки в излучение первого стоксового компонента вынужденного комбинационного (рамановского) рассеяния оксида фосфора, одна брэгговская решетка резонатора полностью отражающая излучение первого стоксового компонента рамановского рассеяния оксида фосфора, а другая решетка отражающая его частично для вывода излучения рамановского импульсного лазера из резонатора, оптически
20 связанный периодический импульсный источник излучения накачки с периодом следования импульсов, кратным времени обхода генерируемым импульсом линейного резонатора, отличающийся тем, что источником излучения накачки служит импульсный источник с длительностью импульсов излучения от 100 до 240 пикосекунд, при этом длина оптоволокна составляет величину в диапазоне 1-100 м.

25 2. Лазер по п. 1, отличающийся тем, что молярная концентрация оксида фосфора в сердцевине оптоволокна составляет величину в диапазоне 1-30%.

3. Лазер по п. 1, отличающийся тем, что диаметр сердцевины оптоволокна составляет величину в диапазоне 3-25 мкм.

4. Лазер по п. 1, отличающийся тем, что ширины рабочих спектральных областей
30 брэгговских отражателей линейного резонатора превышают 5 нм.

5. Лазер по п. 1, отличающийся тем, что импульсный источник излучения накачки выполнен в виде волоконного лазера с синхронизацией мод излучения.

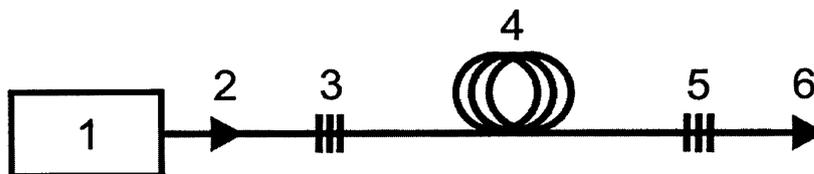
6. Лазер по п. 1, отличающийся тем, что импульсный источник излучения накачки выполнен в виде рамановского импульсного волоконного лазера.

35

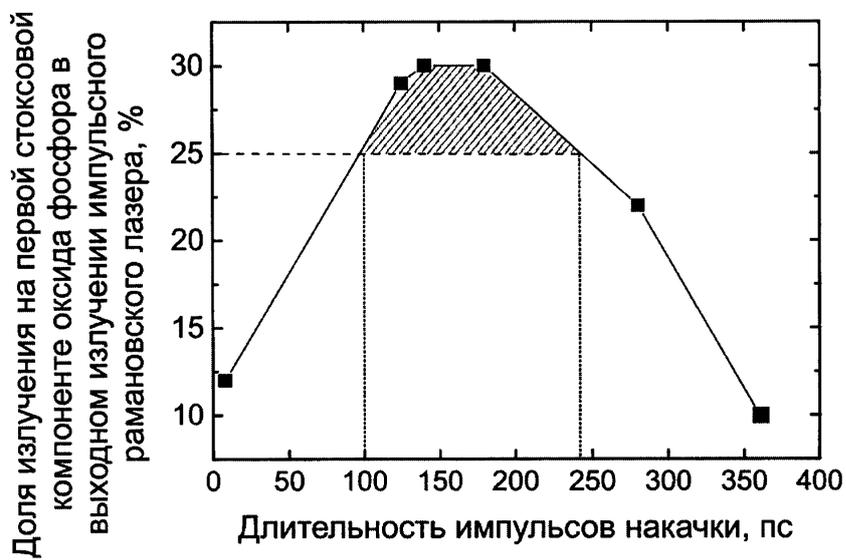
40

45

СИНХРОННО-НАКАЧИВАЕМЫЙ РАМАНОВСКИЙ ПОЛНОСТЬЮ ВОЛОКОННЫЙ ИМПУЛЬСНЫЙ ЛАЗЕР НА ОСНОВЕ КВАРЦЕВОГО ОПТОВОЛОКНА, ЛЕГИРОВАННОГО ОКСИДОМ ФОСФОРА



Фиг. 1



Фиг. 2