



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
H01S 3/0826 (2019.05); *H01S 3/1055* (2019.05)

(21)(22) Заявка: 2018143794, 10.12.2018

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
10.12.2018

Дата регистрации:
08.10.2019

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 10.12.2018

(45) Опубликовано: 08.10.2019 Бюл. № 28

Адрес для переписки:

190005, Санкт-Петербург, ул. 1-я
Красноармейская, 1, БГТУ "ВОЕНМЕХ"

(72) Автор(ы):

Попов Евгений Эдуардович (RU),
Хахалин Иван Сергеевич (RU),
Погода Анастасия Павловна (RU),
Борейшо Анатолий Сергеевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования Балтийский государственный
технический университет "ВОЕНМЕХ" им.
Д.Ф. Устинова (БГТУ "ВОЕНМЕХ") (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2572659 C2, 20.01.2016. US
20100034222 A1, 11.02.2010. US 20020185701 A1,
12.12.2002. EP 1624545 B1, 06.12.2017.

(54) ТВЕРДОТЕЛЬНЫЙ ЛАЗЕР ВЫСОКОЙ ЯРКОСТИ С УПРАВЛЯЕМЫМИ СПЕКТРАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ

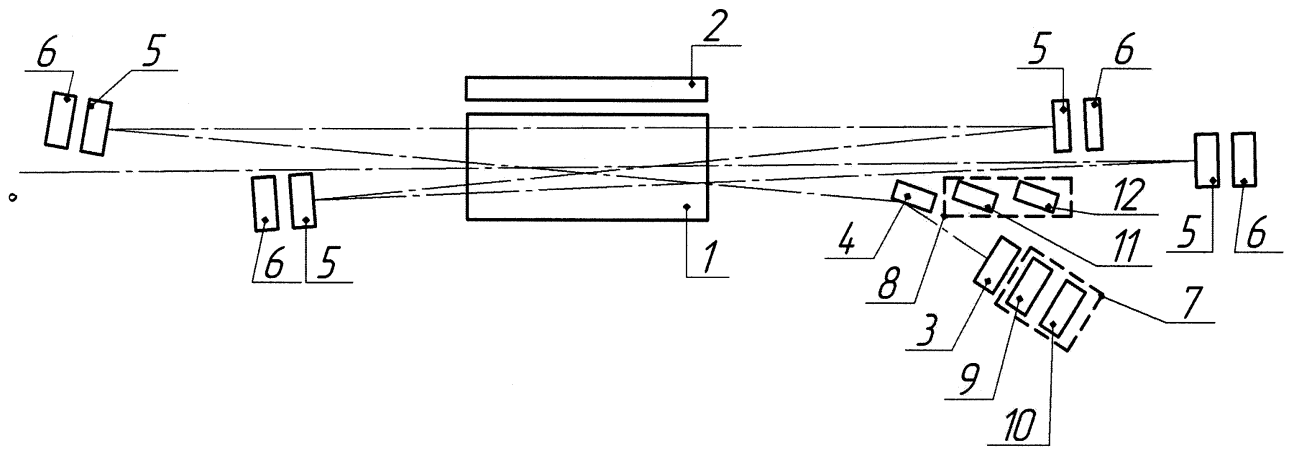
(57) Реферат:

Полезная модель относится к лазерной технике. Твердотельный лазер высокой яркости с управляемыми спектральными свойствами состоит из активного элемента, накачки, самонакачивающихся ОВФ-зеркал, статической решетки Брэгга в виде объемной голограммы, записанной в фоторефрактивном кристалле ниобата лития толщиной 2 мм с возможностью

поворота решетки в пределах угла от 0,405 радиан до 0,675 радиан относительно оптической оси. Опорное зеркало выполнено с возможностью поворота на заданный угол. Технический результат заключается в обеспечении возможности повышения спектральной яркости и перестройки излучения по длине волны. 1 ил.

RU 192951 U1

RU 192951 U1



Твердотельный лазер высокой яркости с управляемыми спектральными свойствами

Фиг. 1

RU 192951 U1

RU 192951 U1

Предлагаемое в качестве полезной модели техническое решение относится к области генераторов когерентного оптического излучения в оптическом диапазоне длин волн, а именно к твердотельным лазерам, и может быть использовано для получения излучения с высокой пространственной и спектральной яркостью излучения, что востребовано в системах передачи информации. В данных системах востребованы как высокая яркость, которая может обеспечить увеличение дистанции, так и перестройка длины волны, с целью расширения области его применения.

Данные устройства могут найти свое применение в системах передачи информации со спектральным уплотнением каналов, лидарах дифференциального поглощения, и прочих системах, где к источникам излучения предъявляются требования по большой длине когерентности, и высокой спектральной яркости излучения, с возможностью управления центральной длиной волны излучения.

Из уровня техники известен способ управления спектром выходного излучения при помощи статических решеток Брэгга [Патент US №7298771]. Сужение спектра излучения достигается путем увеличения толщины статической решетки Брэгга.

Однако из публикаций в данной сфере (Когельник, Х. Теория связанных волн для голографических решеток // Bell Syst. Techn. J. - 1969. - 48(9). - P. 2924) известно, что с ростом спектральной селективности статической решетки Брэгга растет и угловая селективность, что является существенным недостатком конструкций таких устройств, так как это приводит к падению производительности лазера за счет уменьшения апертуры пучка, и уменьшения объема активной среды, участвующей в усилении.

Анализ уровня техники показывает, что известные оптические системы позволяют повышать производительность лазера, однако не допускают возможность перестройки излучения по длине волны.

Из существующего уровня техники известна конструкция лазера по патенту RU №2572659. Данный лазер состоит из активного элемента, накачки, зеркал, вентиля Фарадея, и самонакачивающихся ОВФ-зеркал (зеркало обращения волнового фронта), отличительным признаком этого лазера является то, что лазерная система снабжена системой поворотных зеркал, установленных с возможностью образования, по меньшей мере, еще одной дополнительной петли излучения. Это позволяет осуществить снижение порога генерации за счет динамической обратной связи. Лазеры на петлевых резонаторах реализуют высокую яркость посредством самонакачивающихся ОВФ-зеркал. Самонакачивающееся ОВФ-зеркало обладает определенной спектральной

селективностью, порядка $\sim 10^2$ МГц. За счет внесения дополнительных потерь для продольных мод вне полосы пропускания самонакачивающегося ОВФ-зеркала выходной спектр излучения сужается. Однако согласно работе [Горбунова И.А., Поташин С.О., Погода А.П., Федин А.В., Иванов С.В., Никоноров Н.В. Спектральные свойства излучения лазера со статической брэгговской и динамической внутрирезонаторной решетками [Текст] / Лазерно-информационные технологии в медицине, биологии, геоэкологии и транспорте - 2016 Труды XXIV Международной конференции - 2016 - С. 53-54.], данная узкая полоса перемещается случайным образом в пределах полосы усиления активной среды, которая составляет порядка $\sim 10^4$ МГц, таким образом, реализация самонакачивающегося ОВФ-зеркала позволяет сузить спектр, но не позволяет его локализовать в определенной области, что является существенным недостатком.

Недостатком данного технического решения является низкое значение усиления, дополнительное диафрагмирование на вентиле Фарадея, что так же отрицательно сказывается на объеме активной среды, участвующей в усилении. Данные факторы в

сумме негативно сказываются на производительности лазера. Кроме того существенным недостатком приведенного лазера является невозможность перестройки длины волны излучения, что существенно снижает применимость данного изобретения.

5 Задачей заявляемой полезной модели является разработка конструкции регулируемого твердотельного лазера, обладающего повышенной яркостью и возможностью перестройки длины волны.

10 Задача полезной модели достигается с применением в конструкции твердотельного лазера петлевого резонатора, в котором в качестве одного из зеркал использована статическая решетка Брэгга, установленного на поворотной системе, в сочетании с опорным зеркалом установленным в поворотной системе.

Представленная полезная модель представляет собой перестраиваемый по длине волны лазер высокой яркости, с петлевым резонатором, который имеет поперечную накачку линейками матриц диодов и статическую решетку Брэгга.

Разработанная полезная модель поясняется приведенной на фиг. 1 схемой.

15 Заявляемое устройство - лазер, внутри которого петлевой резонатор содержащий в комплексной связи друг с другом следующие элементы: активное вещество лазера (1), линейки матриц диодов накачки (2), опорное зеркало (3), статическая решетка Брэгга (4), зеркала (5). Зеркала (5), закрепленные в кинематических держателях (6), выполненных с возможностью юстировки, опорное зеркало (3), закреплено в поворотной 20 системе опорного зеркала (7), статическая решетка Брэгга (4), закреплена в поворотной системе статической решетки Брэгга (8). Для сохранения высокого качества выходного излучения толщина статической решетки Брэгга подбирается так, чтобы сужать спектр угловой селективности не более чем на 0,03 нм. Использование статической решетки Брэгга сужает окно в спектре излучения, в котором случайным образом перемещается 25 контур спектральной селекции динамической решетки коэффициента усиления. Перестройка по длине излучения в пределах полосы усиления осуществляется посредством изменения угла падения излучения на статическую решетку Брэгга.

Поворотная система опорного зеркала (7) относительно статической решетки Брэгга (4) необходима для обеспечения одного заданного оптического пути для разных длин 30 волн генерируемого излучения и представляет собой оправу опорного зеркала (9), закрепленную на вращающемся основании (10) с возможностью регулирования вращения зеркала по углу. Поскольку закон Брэгга ставит в соответствие каждой длине волны свой угол дифракции, то при вращении статической решетки Брэгга (5) внутри петлевого резонатора, оптический путь луча, определяемый положением всех зеркал 35 (5) даст возможность для генерации только излучения в диапазоне длин волн соответствующим максимуму эффективности статической решетки Брэгга (4), составляющим не более 0,02 нм, в то время как вращение статической решетки Брэгга (4) не будет приводить к перестройке длины волны, но будет негативно влиять на интенсивность дифрагированного излучения, что показано в работе [Горбунова И.А., 40 Поташин С.О., Погода А.П., Федин А.В., Иванов С.В., Никоноров Н.В. Спектральные свойства излучения лазера со статической брэгговской и динамической внутрирезонаторной решетками [Текст] / Лазерно-информационные технологии в медицине, биологии, геоэкологии и транспорте - 2016 Труды XXIV Международной конференции - 2016 - С. 53-54.]. Поворот опорного зеркала (3), относительно статической 45 решетки Брэгга (4) обеспечивает изменение траектории луча, что позволяет осуществить перестройку длины волны вращением статической решетки Брэгга (4). Поворотная система статической решетки Брэгга (8) состоит из оправы решетки (11), и вращающегося основания (12). Вращение статической решетки Брэгга (4)

компенсируется вращением опорного зеркала (3) так, что бы луч между статической решеткой Брэгга (4) и одним из зеркал (5) распространялся по той же траектории, что и до вращения статической решетки Брэгга (4).

5 Определим в каком диапазоне углов должна работать статическая решетка Брегга. Примем для уменьшения влияния диафрагмирования решеткой внутрирезонаторного луча угловую селективность решетки (В) 0,1 м.рад., толщину решетки: 2 мм. тогда период решетки (А) находится по формуле (1), и составит 0,8 мкм.

$$\Lambda \approx 2 \times d \times B \quad (1)$$

Где:

10

Λ - период решетки

d - толщина решетки

B - угловая селективность

Для определения диапазона углов, в котором работает решетка воспользуемся соотношением (2).

15

$$\theta = \arcsin \left(\frac{\lambda}{n} \times \frac{1}{2 \times \Lambda} \right) \quad (2)$$

Где:

θ - угол скольжения падающего на решетку луча

20

λ - длина волны излучения

n - показатель преломления материала, в котором записана решетка

Λ - период решетки

Ограничим диапазон длин волн от 700 нм. до 1150 нм. В выбранном для предпочтительного исполнения материале - ниобате лития по известному соотношению найдем зависимость показателя преломления от длины волны.

25

Теперь по соотношению (2) определим, что изменение угла скольжения для перестройки длины волны излучения в пределах от 700 до 1150 нм. должно составлять 0,27 рад. от 0,405 рад. до 0,675 рад. Стоит заметить, что приведенные параметры решетки являются примером исполнения, и могут быть изменены для других условий.

30

Устройство работает следующим образом: матрицы накачки (3) излучают свет, который попадает на активную среду лазера (2). Формируется лазерное излучение на оптической оси. Лучи излучения, отраженные от зеркал, и статической решетки Брэгга, пересекаясь, формируют интерференционную картину. В областях максимума интерференционной картины коэффициент усиления активной среды отличен от областей с минимумом интерференционной картины. Данные области формируют самонакачивающиеся ОВФ-зеркала. Данные самонакачивающиеся ОВФ зеркала позволяют осуществлять когерентное сложение пучков, а значит, повышается эффективность лазера. Расположенная внутри резонатора статическая решетка Брэгга (3), записанная в фоторефрактивном кристалле, например, ниобате лития толщиной 2 мм, с периодом решетки 0,8 мкм. устанавливается под углом от 0,405 до 0,675 радиан к оптической оси, чтобы выполнять условие Брэгга для диапазона длин волн от 700 нм до 1150 нм.

40

Предпочтительно в качестве активной среды лазера использовать в качестве активного вещества кристалл как с широкой полосой усиления, например, LISAF с шириной полосы усиления 150 нм, так и с узкой полосой усиления, например, Nd:YAG с шириной полосы усиления 2,5 нм. В качестве матриц накачки предпочтительно использовать линейки лазерных диодов, с длиной волны максимального поглощения излучения активной средой. Предпочтительно использовать диэлектрические

45

широкополосные зеркала с коэффициентом отражения более 99,5%. Статическая решетка Брэгга в предпочтительном исполнении является объемной голограммой интерференционной картины двух плоских волновых фронтов, записанной в фоторефрактивном кристалле, толщиной 2 мм., к примеру ниобате лития.

5 Техническим результатом, обеспечиваемым приведенной совокупностью признаков, является повышение яркости твердотельного лазера с возможностью перестройки по длине волны.

(57) Формула полезной модели

10 Твердотельный лазер высокой яркости с управляемыми спектральными свойствами, состоящий из активного элемента, накачки, поворотных зеркал, вентилля Фарадея, самонакачивающихся ОВФ-зеркал, отличающийся тем, что в дополнение к существующей схеме установлена на поворотном основании статическая решетка Брэгга в виде объемной голограммы, записанной в фоторефрактивном кристалле
15 ниобата лития толщиной 2 мм с возможностью поворота решетки в пределах угла от 0,405 радиан до 0,675 радиан относительно оптической оси, а опорное зеркало повернуто на угол компенсирующий отклонение луча от заданной траектории.

20

25

30

35

40

45

Фиг. 1 Твердотельный лазер высокой яркости с управляемыми спектральными свойствами

