



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
*H01S 3/082* (2023.02); *H01S 3/16* (2023.02)

(21)(22) Заявка: 2022133091, 15.12.2022

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
15.12.2022

Дата регистрации:  
04.04.2023

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 15.12.2022

(45) Опубликовано: 04.04.2023 Бюл. № 10

Адрес для переписки:  
634055, г. Томск, пр. Академический, 2/3,  
Институт сильноточной электроники СО РАН,  
зам. директора по НР ИСЭ СО РАН  
Батракову А.В.

(72) Автор(ы):

Панченко Юрий Николаевич (RU),  
Пучикин Алексей Владимирович (RU),  
Андреев Михаил Владимирович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное  
учреждение науки Институт сильноточной  
электроники Сибирского отделения  
Российской академии наук (ИСЭ СО РАН)  
(RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 2607815 C1, 20.01.2017. RU  
2592065 C2, 20.07.2016. RU 159472 U1, 10.02.2016.  
US 6590921 B2, 08.07.2003. JP 3180087 A,  
06.08.1991.

(54) Оптический составной резонатор для твердотельных и диодных лазеров

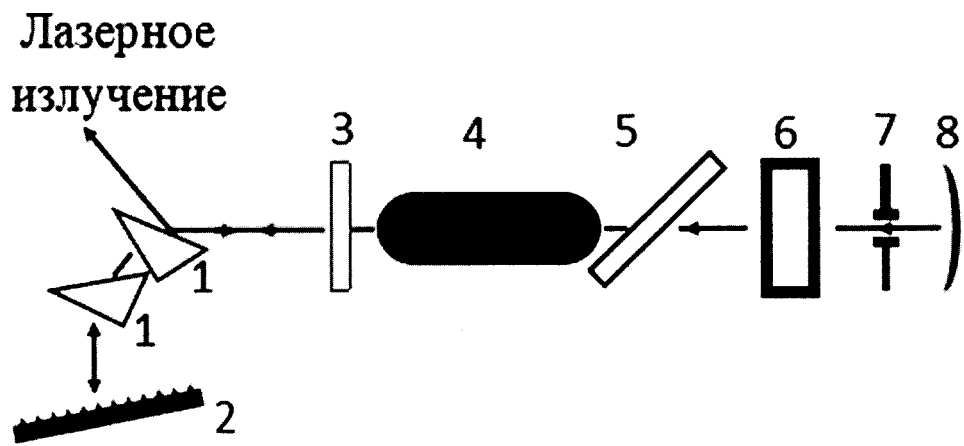
(57) Реферат:

Полезная модель относится к области квантовой электроники и может быть использована для формирования качественного излучения в твердотельных и полупроводниковых лазерах. Составной резонатор твердотельного лазера включает в себя основной резонатор (ОР), работающий в режиме активной модуляции добротности, и внешний селективный резонатор (ВСР), обеспечивающий формирование узкополосного излучения с последующей самоинжекцией этого пучка в ОР. ОР лазера состоит из вогнутого зеркала полного отражения, полупрозрачного выходного зеркала и оптического затвора на основе пленочного

поляризатора и ячейки Погкельса. ВСР состоит из расширяющего телескопа на основе 2-х прямоугольных призм и дифракционной решетки. Технический результат полезной модели заключается в получении более мощных импульсов излучения в одномодульном лазере с узкой линией и широкой спектральной областью перестройки. Работа лазера с таким составным резонатором приводит к повышению мощности импульса генерации до 800 кВт и уменьшению ширины спектральной линии до 0.02 нм, что по обоим параметрам на два порядка превышает параметры импульса излучения, полученные в прототипе.

RU 217510 U1

RU 217510 U1



Фиг.1

RU 217510 U1

RU 217510 U1

Полезная модель относится к области квантовой электроники и может быть использована для формирования качественного излучения в твердотельных и диодных лазерах.

5 Известно, что в твердотельных лазерах используются в качестве активной среды вибронные кристаллы, диодные лазеры имеют широкополосную генерацию в видимом и ближнем ИК-диапазоне спектра (380-2500 нм), что ограничивает их возможное применение в ряде технологических приложениях.

10 Известно, что для получения качественного пучка (узкая линия, поляризация, расходимость) в лазере необходимо в его резонаторе использовать различные оптические селективные элементы. Однако, за счет наличия на этих элементах высокого уровня неселективных потерь, в лазере существенно уменьшается выходная энергия (мощность) излучения и уменьшается спектральная область перестройки линии генерации. Это приводит к тому, что для повышения энергии необходимо применять лазерные системы, включающие в себя задающий генератор для формирования качественного излучения  
15 и усилитель для повышения энергии. При этом часто в качестве задающего генератора используются другие типы лазеров. Все это существенно усложняет и удорожает установку или прибор. Таким образом, существует потребность в разработке новых технических решений для формирования мощного качественного излучения в одномодульных лазерах.

20 Имеющиеся в литературе данные показали [1-3], что при формировании в александритовом лазере узкополосного излучения, как правило, используются интерференционно-поляризационные фильтры Лео, имеющие малые неселективные потери. Тем не менее, небольшой коэффициент усиления активной среды ( $g \sim 0.05-0.1 \text{ см}^{-1}$ ) и существующие потери в таком резонаторе повышают порог генерации и  
25 существенно снижают энергию (мощность) узкополосного излучения.

В качестве аналога можно взять патент № RU 2607815 С1 [4], в котором составной резонатор эксимерного лазера содержит разрядную камеру, выходной модуль, модуль сужения спектральной линии излучения и модуль усиления излучения. Разрядная камера  
30 лазера содержит рабочий газ для генерации излучения под действием источника возбуждения. Технический результат патента направлен на сужение спектральной линии с одновременным увеличением выходной мощности излучателя. Недостатком данного патента является другая спектральная область (200-350 нм) эксимерных лазеров и большие их габариты по сравнению с твердотельными лазерами.

35 Наиболее близким аналогом, взятым нами за прототип, является александритовый лазер, описанный в работе [5], в котором были реализованы условия формирования пучка в малоапертурном составном резонаторе с пассивной модуляцией добротности и с самоинжекцией узкополосного излучения в резонатор лазера. Данный лазер имеет составной резонатор, стоящий из основного резонатора (ОР) и интегрированного с ним внешнего селективного резонатора (ВСР). ОР состоит из вогнутого зеркала полного  
40 отражения с радиусом  $r_{кр} = 150 \text{ см}$ , пассивного затвора, диафрагмы диаметром 1,5 мм, активной элемент из александрита длиной 9 см и диаметром 0.5 см и плоского зеркала с коэффициентом отражения  $R=60\%$ . ВСР состоит из расширяющей призмы с углом преломления  $42^\circ$ , интерферометра Фабри-Перро и дифракционной решетки с числом штрихов 1200 штр/мм. Длина резонатора была 135 см. Принцип работы лазера  
45 заключается в следующем. Он работает в режиме пассивной модуляции добротности резонатора. После создания инверсии в активном элементе открывается пассивный затвор и формируется импульс излучения с длительностью 180 нс, энергией 1.5 мДж и

шириной спектральной линии  $5 \times 10^{-3} \text{ см}^{-1}$  (2.8 нм), который выводится из лазера за счет отражения от грани расширяющей призмы.

Недостатком технического решения, реализованного в прототипе в свете предлагаемого решения, является низкая энергия выходного пучка (1.5 мДж), большая длительность импульса излучения (180 нс, мощность 8,3 кВт) и широкая спектральная линия (2.8 нм).

Техническим результатом предлагаемой полезной модели является повышение выходной мощности и уменьшение ширины спектральной линии твердотельного лазера, работающего в режиме модуляции добротности резонатора.

Указанный технический результат достигается тем, что в известном решении составной резонатор лазера, состоит из основного резонатора (ОР), включающий в себя кроме активного элемента сферическое зеркало, диафрагму, оптический затвор, полупрозрачное зеркало, и интегрированного с ним внешнего селективного резонатора (ВСР), включающего в себя расширяющую призму и дисперсионный элемент. Новым является то, что в ОР в качестве оптического затвора установлены активный затвор на основе пленочного поляризатора и ячейки Поккельса, диафрагма с диаметром 3 мм, а в ВСР в качестве дисперсионного элемента устанавливается дифракционная решетка с двумя расширяющими призмами.

Положительный эффект полезной модели достигается за счет замены пассивного затвора на активный, увеличения диаметра внутрирезонаторной диафрагмы, исключения из ВСР интерферометра Фабри-Перро и использования двух расширяющих призм. Установка прямоугольной призмы углом в диапазоне (80-85 град.), разделяющей ОР лазера и интегрированного с ним ВСР, позволяет обеспечить оптимальную обратную связь между ОР и ВСР при которой в составном резонаторе обеспечивается эффективное формирование когерентного излучения. При этом величина обратной связи ОР составила  $k=R_1 \times R_2=0,5 \pm 0,1$ , а ВСР  $k=R_3 \times (1-R_1 \times R_2) \times (1-R_{\text{пр}})=0,3 \pm 0,05$ . В этом случае величина обратной связи оптического составного резонатора составила  $K=R_1 \times R_2 + R_3 \times (1-R_1 \times R_2) \times (1-R_{\text{пр}})=0,8 \pm 0,15$ , где  $R_{\text{пр}} \approx 33 \pm 1\%$ , а  $R_1$ ,  $R_2$  и  $R_{\text{пр}}$  - коэффициенты отражения глухого и выходного зеркала, и отражения от поверхности призмы для угла падения ( $82^\circ \pm 2$ ) пучка, имеющего р-поляризацию.

В качестве доказательства возможности осуществления заявляемой полезной модели приводится пример экспериментальной реализации предлагаемого решения.

На Фиг. 1 представлена оптическая схема составного резонатора лазера.

Оптический составной резонатор лазера состоит из ОР и интегрированного с ним ВСР. ВСР содержит расширяющий телескоп на основе двух прямоугольных призм (1) и дифракционную решетку 1200 штр/мм (2). ОР содержит полупрозрачное выходное зеркало (3), активным элементом является александрит (4) длиной 9 см и диаметром 0.6 см, электрооптический затвор на основе пленочного поляризатора (5) и ячейки Поккельса (6), диафрагму диаметром 3 мм (7) и вогнутое зеркало полного отражения (8). Обратная связь между ОР и ВСР обеспечивается отражением пучка от дифракционной решетки (2), установленной в автоколлимационном режиме. Вывод пучка из лазера обеспечивается отражением излучения от одной грани призмы (1), установленной под углом падения не нее пучка в  $82^\circ$ . При этом лазерное излучение имеет р-поляризацию в плоскости падения на поляризатор (5) и призмы (1). Длина оптического составного резонатора была 75 см. Температура кристалла александрита удерживалась в диапазоне  $70 \pm 0,3^\circ \text{C}$ .

Принцип работы лазера заключается в следующем. Он работает в режиме модуляции

добротности (как и прототип). После достижения инверсии в активной среде (4) открывается электрооптический затвор (5, 6) и в составном резонаторе формируется мощный и короткий импульс. Часть этого импульса выводится из лазера за счет отражения излучения от грани одной призмы (1). Узкая линия излучения обеспечивается

5 дифракционной решеткой (2), а высокая направленность пучка - диафрагмой (7). В результате на выходе лазера регистрировался импульс излучения, имеющий следующие параметры:

- ширина спектральной линии - менее 20 пм;
- диапазон спектральной перестройки - 710-790 нм;
- 10 энергия на краю контура усиления - 25 мДж;
- длительность импульса на полувысоте интенсивности - 30 нс;
- импульсная мощность - 833 кВт;
- степень поляризации - 99%;
- расходимость (80% энергии) - 0.7 мрад;
- 15 частота повторения импульсов - 1-15 Гц.

Таким образом, предложенный оптический составной резонатор позволяет в лазере, как на кристалле александрит, так и в диодных лазерах формировать узкополосное и высоконаправленное излучение, которое более чем на два порядка превышает импульсную мощность, полученную в прототипе, и в той же пропорции уменьшает

20 ширину спектральной линии. Использование предлагаемого нами составного резонатора позволит формировать узкополосное перестраиваемое излучение в твердотельных лазерах видимого и ближнего ИК-диапазонах спектра, работающих как в непрерывном, так и импульсных режимах.

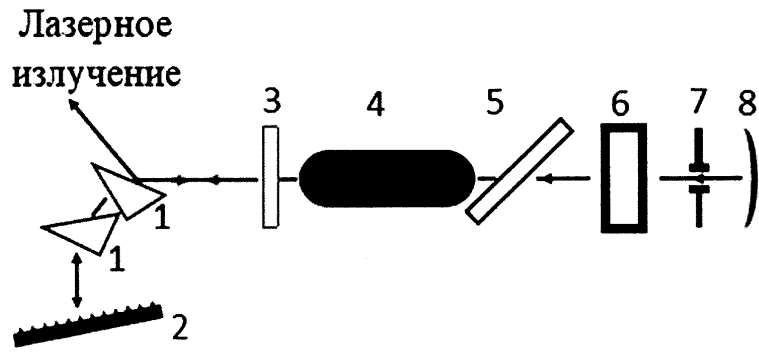
Источники информации:

- 25 1. J.C. Walling, O.G. Peterson, H.P. Janssen, R.C. Morris, E. Wayne O'dell Tunable Alexandrite Lasers // IEEE J. of Quant. Electron. 1980. Vol. 16, No. 12. P. 1302-1315.
- 2. Sh. Imai, T. Yamada, Y. Fujimori, and K. Ishikawa Third-harmonic generation of an alexandrite laser in  $\beta$ -BaB<sub>2</sub>O<sub>4</sub> // Appl. Phys. Lett. 1989. Vol.54, No. 13. P. 1206-1208.
- 3. В.В. Анциферов, Е.В. Иванов Мощный одночастотный лазер на александрите с
- 30 пассивной модуляцией добротности затворами на кристаллах F<sub>3</sub><sup>-</sup>:LiF, с плавной перестройкой и стабилизацией длины волны генерации // Препринт ИЯФ СО РАН им. Г.И. Будкера, ИЯФ 99-40. 1999.
- 4. Патент RU №2607815 С1, 20.01.2017.
- 35 5. И.С. Тырышкин, Н.А. Иванов, В.М. Хулугуров Узкополосный перестраиваемый лазер на александрите с пассивной модуляцией добротности // Квантовая электроника. 1998. Т. 25, №6. С. 505-506.

#### (57) Формула полезной модели

40 Оптический составной резонатор для твердотельных и диодных лазеров, состоящий из основного резонатора, включающего в себя кроме активного элемента сферическое зеркало, оптический затвор, полупрозрачное зеркало, и интегрированного с ним внешнего селективного резонатора, содержащий расширяющую призму и дисперсионный элемент, отличающийся тем, что в основном резонаторе в качестве

45 оптического затвора устанавливается активный затвор на основе пленочного поляризатора и ячейки Погкельса, а во внешнем селективном резонаторе в качестве дисперсионного элемента устанавливается дифракционная решетка.



Фиг.1