



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: 2015101775/28, 21.01.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
21.01.2015

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 21.01.2015

(45) Опубликовано: 20.07.2016 Бюл. № 20

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2497248 C2, 27.10.2013. RU 66616 U1, 10.09.2007. US 6532248 B2, 11.03.2003. US 5774488 A1, 30.06.1998. RU 2315404 C1, 20.01.2008.

Адрес для переписки:

456770, Челябинская обл., г. Снежинск, ул.  
Васильева, 13, а/я 245, ФГУП "РФЯЦ-ВНИИТФ  
им. академ. Е.И. Забабахина, отдел  
интеллектуальной собственности, Кацману К.Б.

(72) Автор(ы):

Ярулина Наталья Борисовна (RU),  
Абышев Анатолий Александрович (RU),  
Березин Андрей Владимирович (RU),  
Горюшкин Денис Александрович (RU),  
Орехов Георгий Викторович (RU),  
Соколовский Михаил Леонидович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

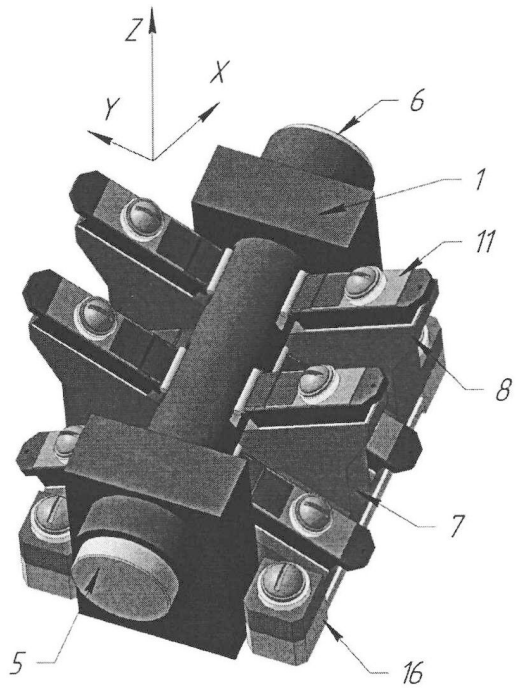
Российская Федерация, от имени которой  
выступает Государственная корпорация по  
атомной энергии "Росатом" (Госкорпорация  
"Росатом") (RU),  
Федеральное государственное унитарное  
предприятие "РОССИЙСКИЙ  
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЯДЕРНЫЙ ЦЕНТР -  
ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
ТЕХНИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ ИМЕНИ  
АКАДЕМИКА Е.И. ЗАБАБАХИНА" (RU)

**(54) ИЗЛУЧАТЕЛЬ ТВЕРДОТЕЛЬНОГО ЛАЗЕРА БЕЗ ЖИДКОСТНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ С ТЕРМОСТАБИЛИЗАЦИЕЙ ДИОДНОЙ НАКАЧКИ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к лазерной технике. Излучатель твердотельного лазера без жидкостного охлаждения с термостабилизацией диодной накачки содержит активный элемент, установленный в кольцах, термоинтерфейс и блок диодной накачки, состоящий из теплораспределителя с выступами, установленного жестко на посадочной поверхности, термоэлектрического модуля, расположенного между теплораспределителем и посадочной поверхностью, и линеек лазерных диодов, размещенных на выступах теплораспределителя равномерно относительно активного элемента и обращенных к нему излучающей частью. Излучатель снабжен жестко закрепленным на посадочной поверхности резонатором, в корпусе несущей части которого расположен активный элемент. Блок диодной накачки снабжен нагревателем, расположенным в теплораспределителе, и ограничительной

рамкой, в которой установлен термоэлектрический модуль с воздушным зазором по периметру. Резонатор и блок диодной накачки не имеют контактов. Технический результат заключается в обеспечении возможности увеличения КПД лазера. 6 ил.



Фиг.1

RU 2592056 C1

RU 2592056 C1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2015101775/28, 21.01.2015

(24) Effective date for property rights:  
21.01.2015

Priority:

(22) Date of filing: 21.01.2015

(45) Date of publication: 20.07.2016 Bull. № 20

Mail address:

456770, Cheljabinskaja obl., g. Snezhinsk, ul.  
Vasileva, 13, a/ja 245, FGUP "RFJATS-VNIITF im.  
akadem. E.I. Zababakhina, otdel intellektualnoj  
sobstvennosti, Katsmanu K.B.

(72) Inventor(s):

YArulina Natalya Borisovna (RU),  
Abyshev Anatolij Aleksandrovich (RU),  
Berezin Andrej Vladimirovich (RU),  
Goryushkin Denis Aleksandrovich (RU),  
Orehov Georgij Viktorovich (RU),  
Sokolovskij Mikhail Leonidovich (RU)

(73) Proprietor(s):

Rossijskaya Federatsiya, ot imeni katoroj  
vystupaet Gosudarstvennaya korporatsiya po  
atomnoj energii "Rosatom" (Goskorporatsiya  
"Rosatom") (RU),  
Federalnoe gosudarstvennoe unitarnoe  
predpriyatie "ROSSIJSKIY FEDERALNYJ  
YADERNYJ TSENTR - VSEROSSIJSKIY  
NAUCHNO-ISSLEDOVATELSKIY INSTITUT  
TEKHNICHESKOJ FIZIKI IMENI  
AKADEMIKA E.I. ZABABAKHINA" (RU)

(54) **SOLID-STATE LASER EMITTER WITHOUT FLUID COOLING WITH THERMAL STABILISATION OF DIODE PUMPING**

(57) Abstract:

FIELD: laser engineering.

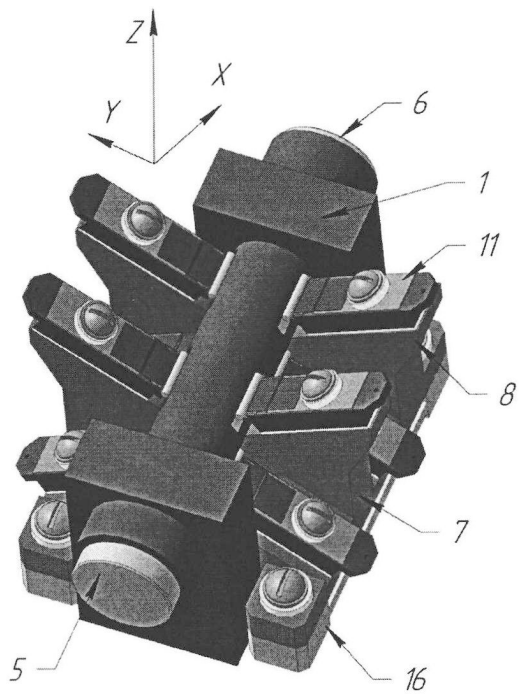
SUBSTANCE: invention relates to laser engineering. Solid-state laser emitter without fluid cooling and thermal stabilisation of diode pumping has an active element installed in rings, thermal interface and diode pumping unit consisting of a heat spreader surface with projections mounted rigidly on mounting surface, thermoelectric module, which is located between heat spreader and mounting surface, and lines of laser diodes, located on ledges heat spreader surface regularly relative to active element and faced to emitting part. Emitter is equipped with rigidly fixed on mounting surface of resonator in housing of bearing part of which there is an active element. Diode pumping unit is equipped with heater arranged in heat spreader, and bounding box, in which there is a thermoelectric module with an air gap along perimeter. Resonator and diode pumping unit have no contacts.

EFFECT: technical result is enabling increase of efficiency of laser.

1 cl, 6 dwg

RU 2 592 056 C 1

RU 2 592 056 C 1



Фиг.1

RU 2592056 C1

RU 2592056 C1

Изобретение относится к твердотельным лазерам с диодной накачкой, в частности к элементам накачки и системам их охлаждения и может быть использовано при изготовлении лазерной техники.

5 Известна оптическая усилительная головка с диодной накачкой, которая содержит резонатор, в котором размещен активный элемент (АЭ) в виде стержня круглого сечения, и линейки лазерных диодов (ЛЛД), размещенные равномерно вдоль активного элемента. ЛЛД расположены на теплоотводах. Устройство снабжено системой охлаждения, содержащей трубку, охватывающую активный элемент с образованием кольцевого канала, и каналы, расположенные в теплоотводах ЛЛД. Сборки ЛЛД расположены 10 под углом  $90^\circ$  к оси АЭ и размещены симметрично с двух сторон по всей длине АЭ. Трубка, например кварцевая, содержит отражающее покрытие, либо золото, либо серебро, либо диэлектрическое покрытие (патент США №7082149, H01S 3/091, 3/094 2006 г.).

В этом устройстве охлаждение АЭ и ЛЛД отдельное и происходит за счет потока 15 охлаждающей жидкости. Поддержание постоянной температуры теплоносителя позволяет обеспечить работоспособность и высокую эффективность оптической усилительной головки.

Однако жидкостная система охлаждения АЭ иборок ЛЛД в данном исполнении не допускает эксплуатацию данной оптической усилительной головки в условиях 20 внешних климатических воздействий, а хорошее качество пучка достигается в ущерб габаритным размерам и за счет использования жидкого теплоносителя.

Наиболее близким аналогом заявляемого изобретения, выбранным в качестве прототипа, является конструкция оптической накачки для оптического квантового генератора, которая содержит активный элемент в виде стержня круглого сечения, 25 установленный в кольцах, термоинтерфейс и блок диодной накачки, состоящий из теплораспределителя с выступами, установленного жестко на посадочной поверхности, термоэлектрического модуля, расположенного между теплораспределителем и посадочной поверхностью, и линеек лазерных диодов, размещенных на выступах теплораспределителя равномерно относительно активного элемента и обращенных к 30 нему излучающей частью, термоинтерфейс размещен в местах контакта термоэлектрического модуля с посадочной поверхностью и теплораспределителем, а также в местах контакта теплораспределителя и линеек лазерных диодов. Линейки лазерных диодов выполнены в виде трех пакетов, расположенных звездой вокруг АЭ, нижний пакет диодов размещен между АЭ и теплораспределителем. АЭ крепится к 35 теплораспределителю посредством достаточно гибкого зажима, обеспечивающего удержание АЭ, и позволяет поглощать различия в тепловом расширении между АЭ и кольцами. В устройстве использован термоэлектрический модуль на основе эффекта Пельтье.

Кроме того, конструкция оптической накачки содержит теплообменник, 40 использующий газ в качестве теплоносителя. Тепловое сопротивление между пакетами диодов и выступами теплораспределителя адаптировано таким образом, чтобы сделать все пакеты диодов однородными по температуре. Это позволяет минимизировать изменения длины волны во время импульса или пачек импульсов и обеспечить, таким образом, однородное распределение коэффициента усиления, которым обладает АЭ. 45 В связи с этим конструкция оптической накачки содержит вставку, выполненную из теплопроводного материала, расположенную под нижним пакетом для адаптации теплового сопротивления между данным пакетом и теплораспределителем. Вставка выполнена из теплопроводного материала, такого как медь или сплав алюминия.

Отверстие или даже множество отверстий также могут быть образованы в этой вставке и заполнены теплопроводным материалом, отличным от материала вставки, как, например, индий или силиконы, насыщенные окисью алюминия, для подгонки теплового сопротивления между пакетами накачки и теплораспределителем (патент РФ №2497248, МПК H01S 3/042, опубл. 2013 г.).

Конструкция оптической накачки позволяет добиться небольшой разницы температур между пакетами накачки и симметрично отводить мощность, рассеиваемую в стержне. Использование газа (например, воздуха) позволяет уменьшить массу устройства, повысить его надежность, в частности, связанную с утечкой жидкого теплоносителя, смягчить требования, предъявляемые к логистике и техническому обслуживанию.

Однако конструкция оптической накачки, предназначенная для квантового генератора, не допускает его эксплуатацию в условиях различного рода климатических воздействий, так как реализованный в данном случае принцип без жидкостного охлаждения ориентирован в основном на адаптирование теплового сопротивления, с целью сделать три пакета диодной накачки однородными по температуре и обеспечить, таким образом, однородное распределение коэффициента усиления, которым обладает активный элемент. Гибкий зажим, обеспечивающий удержание АЭ и предназначенный поглощать различные тепловые расширения между АЭ и его опорой, а именно кольцами, позволяет обеспечивать необходимые параметры лазерного излучения в нормальных климатических условиях и не позволяет квантовому генератору, в состав которого входит конструкция оптической накачки, быть устойчивым к изменениям рабочей температуры внешней среды.

Задача, на решение которой направлено изобретение, - сокращение времени выхода на рабочий температурный режим, повышение эффективности накачки, обеспечение минимальных массогабаритных характеристик, устойчивости к изменению наиболее максимального диапазона температур посадочной поверхности, воздействию предельных температур окружающей среды.

Технический результат, получаемый при использовании предлагаемого технического решения, - увеличение КПД и мощности излучения, обеспечение устойчивости к различного рода тепловым воздействиям.

Указанный технический результат достигается тем, что излучатель твердотельного лазера без жидкостного охлаждения с термостабилизацией диодной накачки, содержащий активный элемент в виде стержня круглого сечения, установленный в кольцах, термоинтерфейс и блок диодной накачки, состоящий из теплораспределителя с выступами, установленного жестко на посадочной поверхности, термоэлектрического модуля, расположенного между теплораспределителем и посадочной поверхностью, и линеек лазерных диодов, размещенных на выступах теплораспределителя равномерно относительно активного элемента и обращенных к нему излучающей частью, термоинтерфейс размещен в местах контакта термоэлектрического модуля с посадочной поверхностью и теплораспределителем, а также в местах контакта теплораспределителя и линеек лазерных диодов, согласно изобретению, снабжен жестко закрепленным на посадочной поверхности резонатором, в корпусе несущей части которого расположен активный элемент, корпус резонатора выполнен в виде цилиндра, внутренняя поверхность которого выполнена отражающей и охватывает активный элемент диаметрально, и снабжен пазами, расположенными напротив каждой линейки лазерных диодов, на излучающей части которых установлена цилиндрическая линза, блок диодной накачки снабжен нагревателем, расположенным в теплораспределителе, и ограничительной рамкой, в которой установлен термоэлектрический модуль с

воздушным зазором по периметру, теплораспределитель установлен на посадочной поверхности через расположенный в нем изолятор, все линейки лазерных диодов размещены на выступах теплораспределителя вдоль активного элемента под определенным углом к его оси, рамка и изолятор выполнены из материала с наименьшей теплопроводностью, в корпусе резонатора выполнены проточки с двух сторон соосно с активным элементом под оптические элементы, резонатор и блок диодной накачки не имеют контактов.

Всей совокупностью существенных признаков обеспечили устойчивость к различного рода тепловым воздействиям и увеличили КПД и мощность излучения. Этого достигли следующим образом: установили теплораспределитель на посадочную поверхность через термоэлектрический модуль и ограничительную рамку и закрепили его через изолятор, который исключает тепловые утечки в местах крепления; снабдили нагревателем блок диодной накачки, который не имеет контактов с резонатором. Таким образом, реализовали термостабилизацию диодной накачки. Кондуктивное охлаждение обеспечивается при теплообмене излучением за счет диаметрального охвата АЭ корпусом резонатора, тепло с АЭ отводится на корпус резонатора. Все это позволяет расширить диапазон рабочих температур.

Наряду с этим снабдили излучающую часть ЛЛД цилиндрической линзой и достигли формирования заданного угла расходимости излучения, а позиционирование сборок ЛЛД определенным образом позволило реализовать боковую схему накачки, что обеспечило практически полный ввод излучения в АЭ. Вместе с этим использование внутренней полости корпуса несущей части резонатора в качестве отражателя повышает однородность облучения АЭ и эффективность осветителя за счет многократных отражений (диффузного отражения).

Таким образом, решили задачу повышения эффективности накачки и обеспечения устойчивости к изменению наиболее максимального диапазона температур посадочной поверхности, воздействию предельных температур окружающей среды при сокращении времени выхода на рабочий температурный режим и минимальных массогабаритных характеристиках излучателя.

При проведении анализа уровня техники, включающего поиск по патентным и научно-техническим источникам информации, и выявлении источников, содержащих сведения об аналогах заявленного изобретения, не обнаружено аналогов, характеризующихся признаками, тождественными всем существенным признакам данного изобретения. Определение из перечня выявленных аналогов прототипа как наиболее близкого по совокупности существенных признаков аналога позволило выявить совокупность существенных отличительных признаков от прототипа, изложенных в формуле изобретения.

Следовательно, заявленное изобретение соответствует условию «новизна».

Для проверки соответствия заявленного изобретения условию «изобретательский уровень» заявитель провел дополнительный поиск известных решений, чтобы выявить признаки, совпадающие с отличительными от прототипа признаками заявленного устройства. В результате поиска не выявлены технические решения с этими признаками. На этом основании можно сделать вывод о соответствии заявляемого изобретения условию «изобретательский уровень».

На фиг. 1 представлен общий вид излучателя.

На фиг. 2 - поперечный разрез.

На фиг. 3 - оптическая схема накачки АЭ с диффузным отражением.

На фиг. 4 - разрез А-А.

На фиг. 5 - разрез Б-Б.

На фиг. 6 - схема заполнения излучением накачки АЭ.

Излучатель твердотельного лазера без жидкостного охлаждения с термостабилизацией диодной накачки содержит резонатор 1, например, устойчивый к разъюстировкам (обладающий достаточной деформационной устойчивостью к разъюстировкам при механических и термических воздействиях, в том числе и несимметричных), и блок диодной накачки (БДН) (фиг. 1-3). В корпусе несущей части резонатора 1 расположен активный элемент (АЭ) 2 в виде стержня круглого сечения. Корпус резонатора выполнен в виде цилиндра, внутренняя поверхность 3 которого выполнена отражающей и охватывает АЭ диаметрально. АЭ 2 установлен в кольцах 4, выполненных из пластичного материала с большой теплопроводностью (например, индия). Внутренняя поверхность 3 резонатора 1 отполирована и покрыта полимером. На обоих торцах корпуса резонатора закреплены глухое и выходное зеркала 5, 6, выполненные из оптического стекла (например, кварцевого или К8). Оптический резонатор может быть выполнен либо плоскопараллельным, либо конфокальным, либо полуконфокальным. Резонатор не имеет контактов с БДН.

БДН состоит из теплораспределителя 7 с выступами 8, термоэлектрического модуля 9, нагревателя 10 и линеек лазерных диодов (ЛЛД) 11, размещенных на выступах 8. Все ЛЛД 11 размещены на выступах теплораспределителя 7 равномерно, симметрично и вдоль относительно АЭ 2 (фиг. 3-5). ЛЛД 11 размещены под определенным углом к оси АЭ и обращены к нему излучающей частью. Такое размещение ЛЛД обеспечивает равномерность накачки АЭ и практически полный ввод излучения в АЭ. Возможна установка ЛЛД 11 на теплораспределитель через подложки (на фиг. не показано).

На излучающей части каждой ЛЛД 11 установлена цилиндрическая линза 12, выполненная из оптоволокна. Диаметр линзы рассчитывается исходя из требуемой фокусировки излучения накачки. Нагреватель 10 расположен в теплораспределителе 7.

Теплораспределитель 7 выполнен из материала с большой теплопроводностью (например, из меди или алюминия) с металлическим покрытием, обеспечивающим хорошую адгезию при пайке (например, серебро, либо комбинированное покрытие - медь с серебром). Расстояние от излучающей частиборок ЛЛД 11 и до поверхности АЭ рассчитывается исходя из диаметра линзы 12, а также требуемых параметров выходного излучения.

Резонатор 1 и теплораспределитель 7 установлены на посадочной поверхности 13 жестко. Термоэлектрический модуль 9 расположен между теплораспределителем 7 и посадочной поверхностью 13. Корпус резонатора выполнен с расположенными напротив каждой ЛЛД 11 прямоугольными пазами 14 для ввода излучения.

Излучатель также содержит термоинтерфейс 15, который размещен в местах контакта термоэлектрического модуля 9 с посадочной поверхностью 13 и теплораспределителем 7, а также в местах контакта теплораспределителя и ЛЛД (фиг. 4).

Теплораспределитель установлен на посадочную поверхность 13 через ограничительную рамку 16 и расположенный в нем изолятор 17. В ограничительной рамке 16 установлен термоэлектрический модуль 9 с воздушным зазором по периметру. Рамка 16 и изолятор 17 выполнены из материала с наименьшей теплопроводностью (например, полистирола, текстолита, гетинакса и т.д.). Рамка 16 размещена между посадочной поверхностью 13 и теплораспределителем 7 (фиг. 5).

Рамка 16 обеспечивает позиционирование термоэлектрического модуля 9 между теплораспределителем 7 и посадочной поверхностью 13. Термоэлектрический модуль



контактирует холодной стороной с теплораспределителем и горячей - с посадочной поверхностью. Рамка 16 контактирует минимальной площадью соприкосновения с теплораспределителем 7 и посадочной поверхностью 13.

5 Термоинтерфейс 15, расположенный в местах контакта ЛЛД и теплораспределителя, выполнен из низкотемпературного припоя (например, сплава Розе, Вуда и т.д.) или теплопроводящего клея. Термоинтерфейс 15, расположенный в местах контакта термоэлектрического модуля 9 с теплораспределителем 7 и посадочной поверхностью 13, выполнен из металла с низкой температурой плавления (например, галлия или галистана и т.д.).

10 Нагреватель 10 и термоэлектрический модуль 9 используются в качестве элементов термостабилизации. В корпусе резонатора выполнены проточки 18 с двух сторон соосно с АЭ под оптические элементы (например, диафрагма, поляризатор, линза и т.д.).

Устройство работает следующим образом.

15 На сборки ЛЛД 11 (фиг. 3, 6) подается ток накачки с заданной амплитудой и элементы накачки начинают генерировать излучение углом  $\beta$ , которое проходит через цилиндрическую линзу 12, формируясь в световой поток углом  $\gamma$ , через пазы 14 в корпусе несущей части резонатора 1, при этом часть излучения поглощается АЭ 2, часть поглощенной энергии накачки идет на тепловые потери. Оставшаяся доля излучения, не поглотившаяся и не пошедшая на тепловые потери, многократно отражается от 20 диаметральной отражающей поверхности 3 и вновь направляется в АЭ 2. Таким образом, возбуждается активная среда, заполняющая корпус несущей части резонатора 1 (фиг. 2), и возникает генерация излучения между выходным 6 и глухим 5 зеркалами. Направление излучения показано на фиг. 2.

25 Охлаждение АЭ 2 безжидкостное, теплообмен происходит излучением за счет диаметрального охвата АЭ корпусом несущей части резонатора 1, а также кондуктивного охлаждения, при котором кольца 4, охватывающие по концам АЭ 2, позволяют отводить тепло на корпус несущей части резонатора.

Для обеспечения заданных режимов работы излучателя при эксплуатации в условиях воздействия внешних климатических воздействий возникает необходимость 30 термостабилизации элементов накачки 11, при этом обеспечение выхода на температурный рабочий режим сборок ЛЛД 11 происходит следующим образом. Нагреватель 10 и термоэлектрический модуль, работающий в реверсном режиме, повышают температуру сборок ЛЛД 2 от исходной до рабочей температуры. Термоэлектрический модуль 9 обеспечивает охлаждение сборок ЛЛД 11 от исходной 35 повышенной температуры, образованной внешними климатическими условиями эксплуатации, а также в процессе работы элементов накачки до рабочей через теплораспределитель 7. Термоинтерфейс 15 обеспечивает высокую теплопроводность между элементами конструкции, участвующими в теплообмене. Таким образом, снижается температура сборок ЛЛД 11 до рабочей и происходит термостабилизация 40 элементов накачки.

Ограничительная рамка 16, а также изолятор 17 (фиг. 2, 4, 6) обеспечивают теплоизоляцию теплораспределителя 7 относительно посадочной поверхности 13. Отсутствие контактов между корпусом несущей части резонатора 1, в которой размещена активная среда, и конструкцией термостабилизированного блока накачки 45 (БДН) обеспечивает теплоизоляцию относительно друг друга. Таким образом, происходит сокращение времени калибровки и выхода излучателя на рабочий температурный режим.

Таким образом, представленные данные свидетельствуют о выполнении при

использовании заявляемого изобретения следующей совокупности условий:

- средство, воплощающее заявленное устройство при его осуществлении, предназначено для использования в электронной и оптико-механической промышленности при изготовлении лазерных устройств с повышенной мощностью;
- 5 - для заявляемого устройства в том виде, в котором оно охарактеризовано в формуле изобретения, подтверждена возможность его осуществления.

Следовательно, заявляемое изобретение соответствует условию «промышленная применимость».

#### Формула изобретения

10 Излучатель твердотельного лазера без жидкостного охлаждения с термостабилизацией диодной накачки содержит активный элемент в виде стержня круглого сечения, установленный в кольцах, термоинтерфейс и блок диодной накачки, состоящий из теплораспределителя с выступами, установленного жестко на посадочной  
15 поверхности, термоэлектрического модуля, расположенного между теплораспределителем и посадочной поверхностью, и линеек лазерных диодов, размещенных на выступах теплораспределителя равномерно относительно активного элемента и обращенных к нему излучающей частью, термоинтерфейс размещен в местах  
20 контакта термоэлектрического модуля с посадочной поверхностью и теплораспределителем, а также в местах контакта теплораспределителя и линеек лазерных диодов, отличающийся тем, что снабжен жестко закрепленным на посадочной поверхности резонатором, в корпусе несущей части которого расположен активный  
элемент, корпус резонатора выполнен в виде цилиндра, внутренняя поверхность которого выполнена отражающей и охватывает активный элемент диаметрально, и  
25 снабжен пазами, расположенными напротив каждой линейки лазерных диодов, на излучающей части которых установлена цилиндрическая линза, блок диодной накачки снабжен нагревателем, расположенным в теплораспределителе, и ограничительной рамкой, в которой установлен термоэлектрический модуль с воздушным зазором по периметру, теплораспределитель установлен на посадочной поверхности через  
30 расположенный в нем изолятор, все линейки лазерных диодов размещены на выступах теплораспределителя вдоль активного элемента под определенным углом к его оси, рамка и изолятор выполнены из материала с наименьшей теплопроводностью, в корпусе резонатора выполнены проточки с двух сторон соосно с активным элементом под  
оптические элементы, резонатор и блок диодной накачки не имеют контактов.

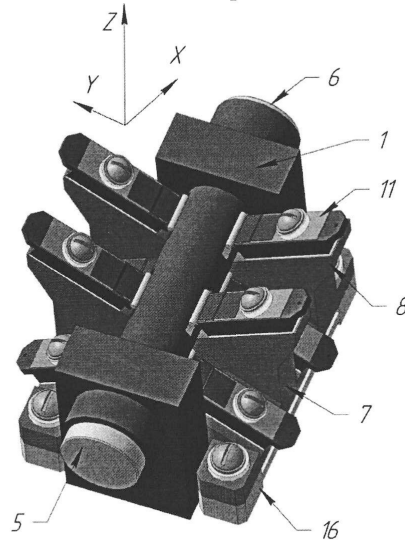
35

40

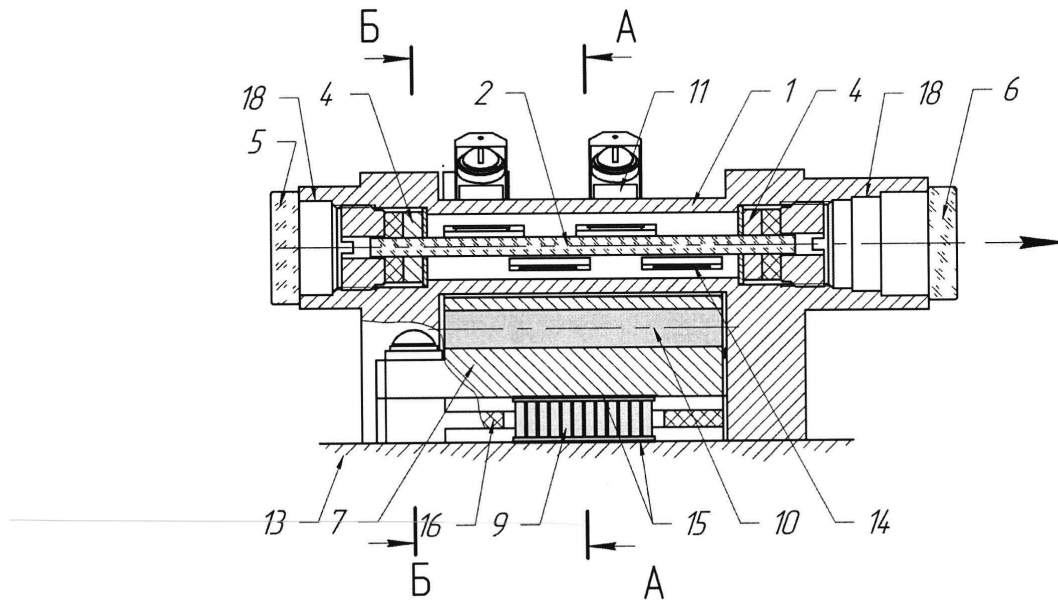
45

1

Излучатель твердотельного лазера  
без жидкостного охлаждения  
с термостабилизацией диодной накачки



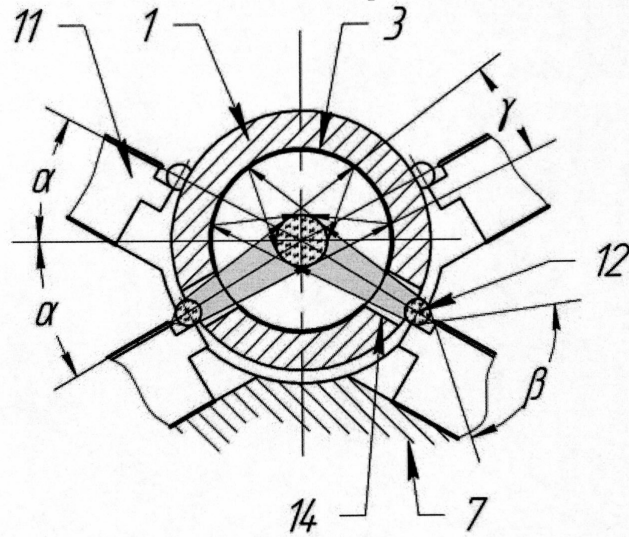
Фиг.1



Фиг.2

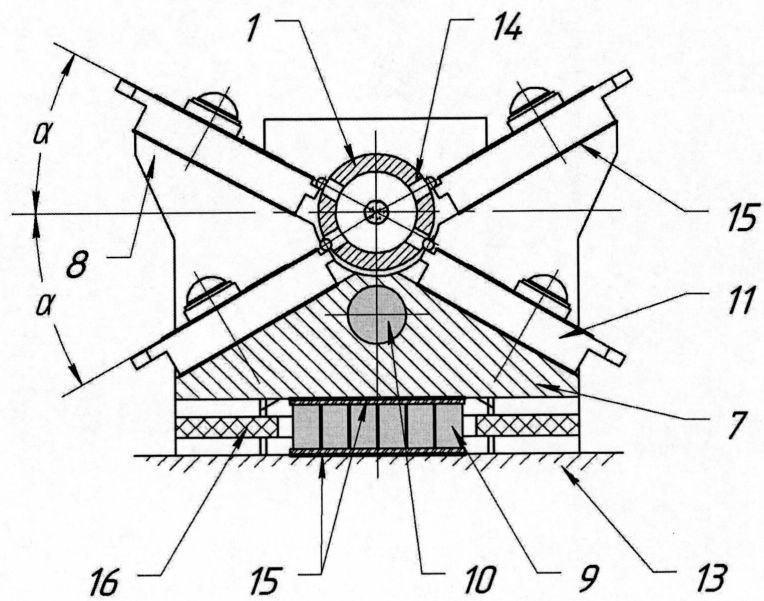
2

Излучатель твердотельного лазера  
без жидкостного охлаждения  
с термостабилизацией диодной накачки



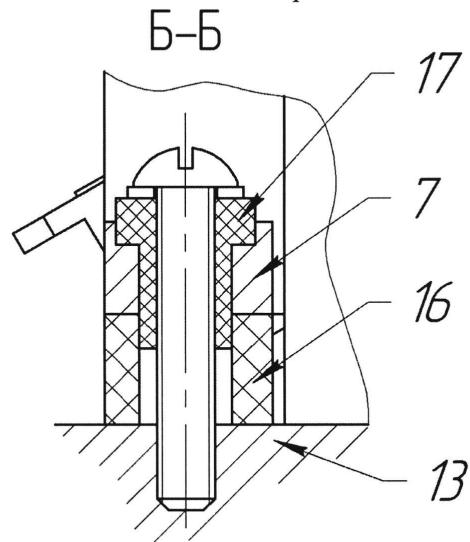
Фиг.3

A-A

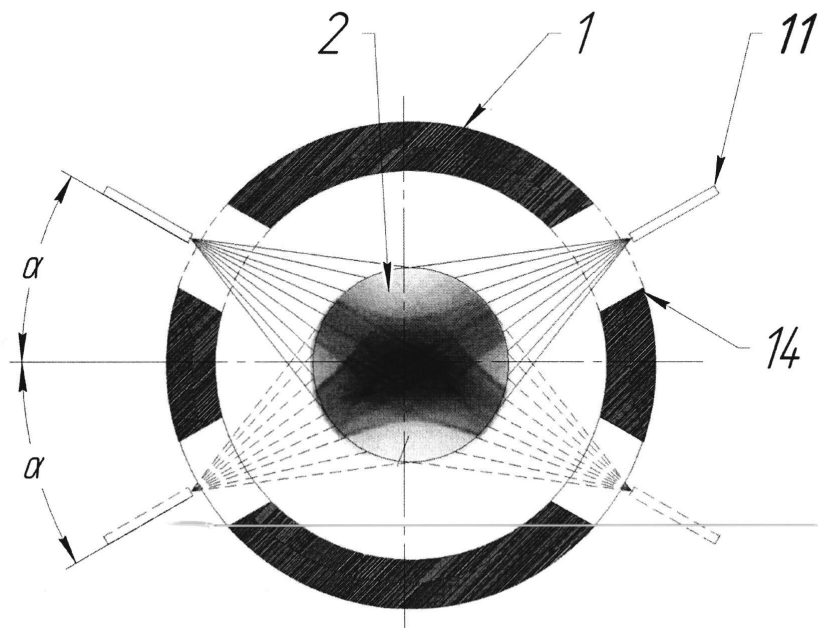


Фиг.4

Излучатель твердотельного лазера  
без жидкостного охлаждения  
с термостабилизацией диодной накачки



Фиг.5



Фиг.6