



(51) МПК

H01S 3/05 (2006.01)

H01S 3/042 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2014139555/28, 30.09.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
30.09.2014

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 30.09.2014

(45) Опубликовано: 10.04.2016 Бюл. № 10

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2498467 C2, 10.11.2013. WO 2000079654 A2, 28.12.2000. US 5883737 A1, 16.03.1999. US 5033058 A1, 16.07.1991. WO 1990016099 A1, 27.12.1990.

Адрес для переписки:

456770, Челябинская обл., г. Снежинск, ул.  
Васильева, 13, 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),  
Арапов Юрий Дмитриевич (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) КВАНТРОН ТВЕРДОТЕЛЬНОГО ЛАЗЕРА С ТЕРМОСТАБИЛИЗАЦИЕЙ ДИОДНОЙ НАКАЧКИ

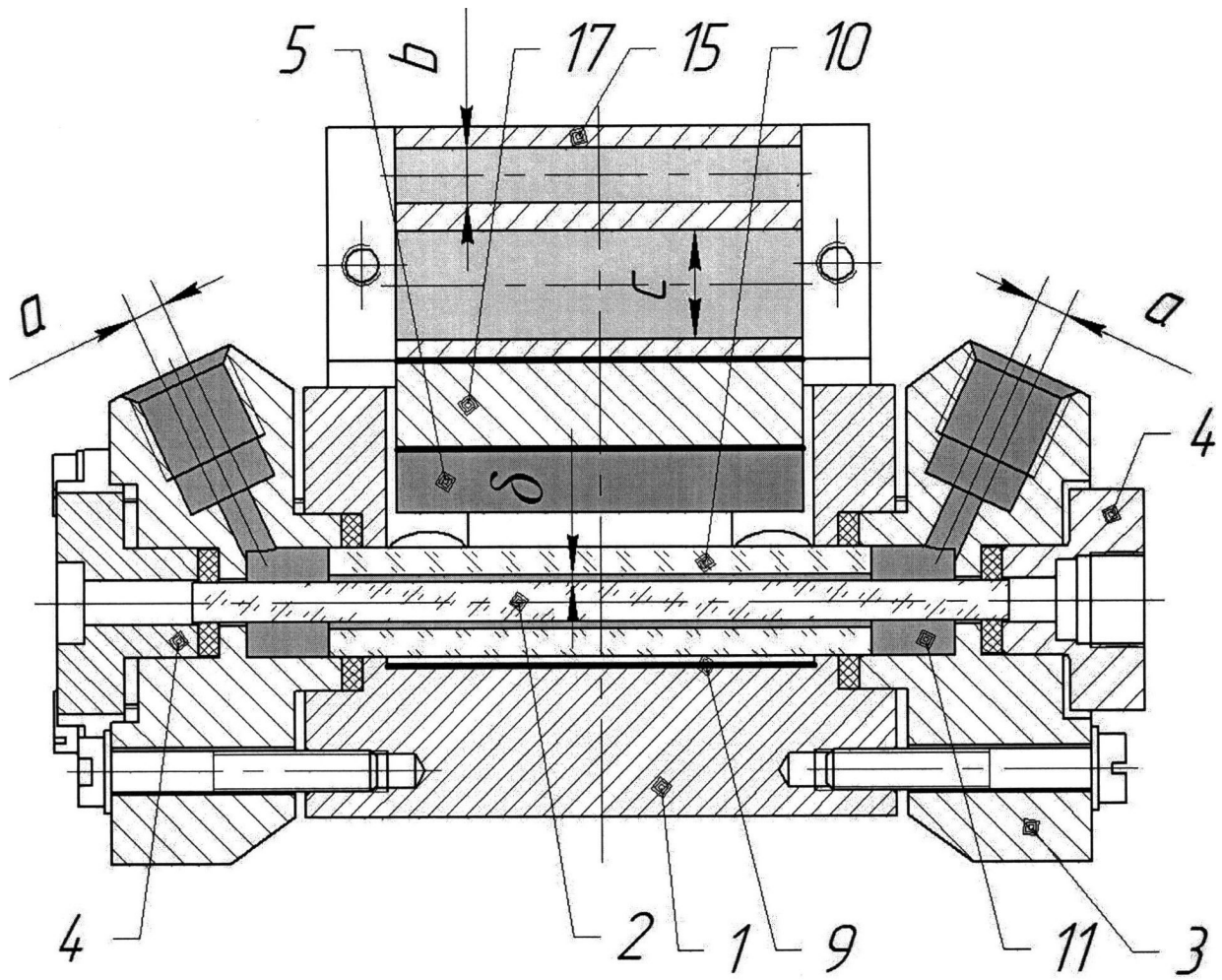
(57) Реферат:

Изобретение относится к лазерной технике. Квантрон твердотельного лазера с термостабилизацией диодной накачки содержит размещенные в корпусе в виде многогранника: активный элемент, матрицы лазерных диодов, расположенные вокруг и вдоль активного элемента равномерно, и систему охлаждения, выполненную в виде двух независимых контуров для охлаждения активного элемента и матриц, контур охлаждения активного элемента содержит трубку, охватывающую активный элемент с образованием кольцевого канала шириной  $\delta$ , и

входной, выходной коллекторы, из которых выходят каналы. Квантрон снабжен световодами, расположенными параллельно оси активного элемента, контур охлаждения матриц содержит термоинтерфейс, теплоотводы и элементы термостабилизации, размещенные в теплообменном модуле и теплообменниках. В качестве элементов термостабилизации используются нагреватели и элементы охлаждения. Технический результат заключается в обеспечении возможности упрощения системы охлаждения активного элемента. 2 ил.

RU 2 579 188 C1

RU 2 579 188 C1



Фиг.1

RU 2579188 C1

RU 2579188 C1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*H01S 3/05* (2006.01)  
*H01S 3/042* (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2014139555/28, 30.09.2014

(24) Effective date for property rights:  
30.09.2014

Priority:

(22) Date of filing: 30.09.2014

(45) Date of publication: 10.04.2016 Bull. № 10

Mail address:

456770, Cheljabinskaja obl., g. Snezhinsk, ul.  
Vasileva, 13, FGUP "RFJATS-VNIITF im. akadem.  
E.I. Zababakhina", Otdel intelektualnoj  
sobstvennosti, Katsmanu K.B.

(72) Inventor(s):

Jarulina Natalja Borisovna (RU),  
Abyshev Anatolij Aleksandrovich (RU),  
Arapov Jurij Dmitrievich (RU),  
Sokolovskij Mikhail Leonidovich (RU)

(73) Proprietor(s):

Rossijskaja Federatsija, ot imeni kotoroj  
vystupaet Gosudarstvennaja korporatsija po  
atomnoj energii "Rosatom" (Goskorporatsija  
"Rosatom") (RU),  
Federalnoe gosudarstvennoe unitarnoe  
predpriatie "ROSSIJSKIJ FEDERALNYJ  
JADERNYJ TSENTR-VSEROSSIJSKIJ  
NAUCHNO-ISSLEDOVATELSKIJ INSTITUT  
TEKHNICHESKOJ FIZIKI IMENI  
AKADEMIKA E.I. ZABABAKHINA" (RU)

(54) **LASER HEAD OF SOLID-STATE LASER WITH DIODE PUMPING THERMAL STABILISATION**

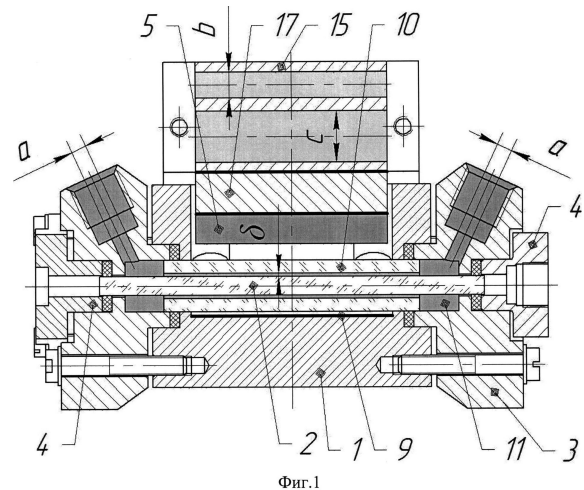
(57) Abstract:

FIELD: optics.

SUBSTANCE: invention relates to laser engineering. Laser head of solid-state laser with diode pumping thermal stabilisation contains the following components installed in housing in form of polyhedron: an active element, matrix of laser diodes located around and along the active element, and cooling system made up of two independent circuits for cooling active element and matrices, cooling circuit of the active element comprises tube encircling the active element and forming circular channel with width  $\delta$ , and inlet, outlet manifolds with channels. Laser head is equipped with light guides located parallel to the active element axis, a cooling circuit for matrices has thermal interface, heat sinks and thermal stabilisation elements arranged in heat exchange module and heat exchangers. Thermal stabilisation elements are presented as heaters and cooling elements.

EFFECT: technical result consists in simplification of the cooling system for the active element.

1 cl, 2 dwg



RU 2 579 188 C1

RU 2 579 188 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.

Известна оптическая усилительная головка (ОУГ) с диодной накачкой, состоящая из размещенных в корпусе в виде многогранника: активного элемента (АЭ) в виде стержня, элементов диодной накачки, расположенных вдоль активного элемента, и системы охлаждения, содержащей трубку, охватывающую активный элемент с образованием кольцевого канала, и каналы, расположенные в корпусе. Элементы диодной накачки выполнены в виде блоков линеек лазерных диодов и расположены под углом  $90^\circ$  к оси активного элемента на держателях. В элементах диодной накачки расположены каналы для охлаждающей жидкости. Устройство снабжено демпфирующими элементами, установленными на обоих торцах трубки, в качестве демпфирующих элементов использованы прокладки (патент США №6101208, H01S 3/0941, 1997 г.).

В этом устройстве охлаждение АЭ и элементов диодной накачки происходит за счет высокой скорости потока охлаждающей жидкости. Поддержание постоянной температуры теплоносителя позволяет обеспечить работоспособность и высокую эффективность оптической усилительной головки.

Однако неравномерное и неполное заполнение излучением накачки АЭ приводит к увеличению термомеханических напряжений внутри АЭ, что может привести к его выходу из строя. Неравномерность освещения АЭ приводит также к снижению эффективности накачки и качества выходного лазерного пучка. Расположение каналов в элементах диодной накачки не оптимально, так как расстояние от элементов накачки до каналов не минимально, как следствие этого, падает эффективность отвода тепла с нагретой поверхности элементов накачки. Это может привести к снижению качества охлаждения элементов накачки и падению мощности выходного лазерного пучка.

Наиболее близким аналогом заявляемого изобретения, выбранным в качестве прототипа, является ОУГ с диодной накачкой, содержащая размещенные в корпусе в виде многогранника: АЭ в виде стержня, матрицы лазерных диодов (МЛД), расположенные вокруг и вдоль АЭ равномерно и обращенные излучающей областью к АЭ, и систему охлаждения, выполненную в виде двух независимых контуров для охлаждения АЭ и МЛД, контур охлаждения АЭ содержит трубку, охватывающую АЭ с образованием кольцевого канала шириной  $\delta$ , и входной, выходной коллекторы, из которых выходят каналы, трубка выполнена из материала, прозрачного для излучения накачки (патент РФ №2498467, МПК H01S 3/0933, 3/042, опубл. 2013 г.). На обоих торцах трубки установлены демпфирующие элементы в виде сильфонов, МЛД расположены на держателях, размещенных на внешней поверхности каждой грани корпуса. ОУГ снабжена входным и выходным патрубками, соединенными с входным и выходным коллекторами, из которых выходят каналы, соединенные с каналами, выполненными в каждом держателе и МЛД. Контур охлаждения МЛД снабжен дополнительными входным и выходным патрубками.

Расположение МЛД равномерно вокруг АЭ позволяет равномерно заполнить АЭ излучением накачки, что уменьшает в нем термические напряжения, а также повышает эффективность накачки. Выполнение системы охлаждения из двух независимых контуров охлаждения позволяет независимо регулировать и поддерживать оптимальную температуру для МЛД и АЭ.

Однако ОУГ с двумя контурами охлаждения содержит большое число деталей, что существенно сказывается на массогабаритных характеристиках. Значительная часть

излучения накачки не поглощается, т.к. диаметр АЭ меньше излучающей области МЛД, что снижает КПД доставки излучения накачки, а следовательно, и мощности лазерного излучения, а применение сильфонов в качестве демпфирующих элементов снижает прочность и устойчивость конструкции к ударным и вибрационным нагрузкам. А конструкция системы охлаждения не допускает эксплуатацию ОУГ в условиях климатических воздействий.

Задача, на решение которой направлено изобретение, - повышение эффективности накачки, оптимизация массогабаритных характеристик, системы охлаждения и термостабилизации, обеспечение жесткости конструкции, создание конструктивно обособленного и удобного при эксплуатации устройства, устойчивого к ударным, тепловым и вибрационным нагрузкам.

Технический результат, получаемый при использовании предлагаемого технического решения, - упрощение системы охлаждения активного элемента и термостабилизация элементов накачки, увеличение КПД и мощности излучения, обеспечение устойчивости конструкции к вибрационным, ударным и тепловым воздействиям.

Указанный технический результат достигается тем, что в квантрон твердотельного лазера с термостабилизацией диодной накачки, содержащем размещенные в корпусе в виде многогранника: активный элемент в виде стержня, матрицы лазерных диодов, расположенные вокруг и вдоль активного элемента равномерно и обращенные излучающей областью к активному элементу, и систему охлаждения, выполненную в виде двух независимых контуров для охлаждения активного элемента и матриц, контур охлаждения активного элемента содержит трубку, охватывающую активный элемент с образованием кольцевого канала шириной  $\delta$ , и входной, выходной коллекторы, из которых выходят каналы, трубка выполнена из материала, прозрачного для излучения накачки, особенность заключается в том, что квантрон снабжен световодами, расположенными параллельно оси активного элемента на каждой грани выступов, размещенных на внутренней поверхности корпуса, торцы активного элемента закреплены в прижимах, установленных в корпусе, входной, выходной коллекторы расположены в прижимах и соединены с кольцевым каналом, контур охлаждения матриц содержит термоинтерфейс, теплоотводы и элементы термостабилизации, размещенные в теплообменном модуле и теплообменниках, каждый выступ содержит отражающую диаметральную поверхность, обращенную к активному элементу и расположенную напротив каждой матрицы, одна из которых расположена на переходнике, а остальные - на теплообменниках, установленных на внешней поверхности корпуса, переходник закреплен на теплообменном модуле, установленном на внешней поверхности корпуса, теплообменники и теплообменный модуль связаны с помощью теплоотводов, термоинтерфейс размещен в местах соединения теплоотводов с теплообменниками и теплообменным модулем, в соединении переходника с теплообменным модулем и с матрицей, а также в соединении матриц с теплообменниками, в качестве элементов термостабилизации используются нагреватели и элементы охлаждения, при этом элементы охлаждения установлены только в теплообменном модуле, а теплообменники, теплоотводы, интерфейс и теплообменный модуль выполнены из материалов с большим коэффициентом теплопроводности.

Совмещение в конструкции выступов корпуса функции контротражателя диодной накачки и световода, обеспечение контура охлаждения матриц элементами термостабилизации с теплоотводами, позволяющими охлаждать МЛД только одним теплообменным модулем, а также применение прижимов для уплотнения и центрирования АЭ в корпусе, позволяет упростить систему охлаждения АЭ и

термостабилизации МЛД, а также увеличить КПД и мощность излучения, обеспечивая при этом устойчивость конструкции квантрона к вибрационным, ударным и тепловым воздействиям. Таким образом решили задачу повышения эффективности накачки, оптимизировали массогабаритные характеристики и систему охлаждения и термостабилизации, обеспечили жесткость конструкции квантрона и создали конструктивно обособленное и удобное при эксплуатации устройство, устойчивое к ударным, тепловым и вибрационным нагрузкам.

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 продольный разрез квантрона.

На фиг. 2 - поперечный разрез квантрона.

Квантрон твердотельного лазера с термостабилизацией диодной накачки (фиг. 1, 2) содержит выполненный в виде многогранника (например, в виде шестигранника) корпус 1, в котором установлен активный элемент (АЭ) 2 в виде стержня, торцы которого закреплены в прижимах 3, 4, установленных в корпусе. Квантрон также содержит матрицы лазерных диодов (МЛД) 5, световоды 6 и систему охлаждения. МЛД 5 расположены вокруг и вдоль АЭ равномерно и обращены к АЭ излучающей областью.

На внутренней поверхности корпуса размещены выступы 7, на каждой грани которых параллельно оси АЭ расположены световоды 6 в виде плоских полированных металлических поверхностей. Угол  $\beta$  наклона металлических поверхностей световода 6 получается расчетным путем. Каждый выступ 7 содержит контротражатель 9 - отражающую диаметрально противоположную поверхность, обращенную к АЭ и расположенную напротив каждой матрицы.

Система охлаждения выполнена в виде двух независимых контуров для охлаждения АЭ и МЛД. Контур охлаждения АЭ содержит трубку 10, охватывающую АЭ с образованием кольцевого канала шириной  $\delta$ , и размещенные в прижимах 3 входной и выходной коллекторы 11, из которых выходят каналы а. Входной и выходной коллекторы 11 соединены с кольцевым каналом  $\delta$ , который формирует слой охлаждающей жидкости (ОЖ), охлаждающий АЭ и образован стенкой трубки 10 и АЭ 2.

Трубка 10 выполнена из материала, оптически прозрачного для излучения накачки (например, стекло, плавленый кварц, лейкосапфир и т.д.). Диаметр и толщина трубки 10 рассчитываются, исходя из требуемой фокусировки излучения накачки. Прижимы 3 применены - для герметизации трубки 10, а прижимы 4 для герметизации АЭ и центрирования его в корпусе квантрона относительно трубки 10.

Контур охлаждения матриц содержит термоинтерфейс 12, теплоотводы 13 и элементы термостабилизации 14, размещенные в отверстиях b и c теплообменного модуля 15 и теплообменников 16. В качестве элементов термостабилизации 14 используются нагреватели (в отверстиях b) и элементы охлаждения (в отверстиях c), при этом элементы  
5 охлаждения установлены только в теплообменном модуле 15. Теплоотводы 13 при необходимости могут быть заменены контурными либо пластинчатыми тепловыми трубами.

Одна из матриц расположена на переходнике 17, а остальные на теплообменниках 16, установленных на внешней поверхности корпуса. Переходник 17 закреплен на  
10 теплообменном модуле 15, который установлен на внешней поверхности корпуса, а теплообменники 16 и теплообменный модуль 15 связаны с помощью теплоотводов 13. Термоинтерфейс 12 размещен в местах соединения теплоотводов 13 с теплообменниками 16 и теплообменным модулем 15, а также в соединении переходника 17 и теплообменного модуля 15. Термоинтерфейс 12 может быть выполнен, например  
15 из галлия или галистана. Также термоинтерфейс 12 размещен в соединении переходника 17 с матрицей и в соединении матриц с теплообменниками 16 и может быть выполнен из низкотемпературного припоя (например, сплава Розе или Вуда).

В качестве материала для деталей, участвующих в теплообмене (теплообменники, теплоотводы, термоинтерфейс, теплообменный модуль), применены материалы с  
20 большим коэффициентом теплопроводности.

Устройство работает следующим образом. На МЛД 5 (фиг. 1, 2) подается ток накачки с заданной амплитудой, при этом возникает излучение накачки, проходящее сквозь трубку 10 и ОЖ кольцевого канала  $\delta$ , при этом большая часть излучения поглощается  
25 АЭ 2, часть поглощенной энергии накачки идет на тепловые потери. Оставшаяся доля излучения, не поглотившаяся в АЭ на первом проходе, отражается от контротражателей 9 и вновь направляется в АЭ 2. Одновременно боковые лучи МЛД падают на световоды 8 и, многократно отразившись, направляются к АЭ 2.

Охлаждение АЭ 2 происходит либо прокачкой теплоносителя, либо стационарно следующим образом. ОЖ закачивается по каналу а прижима 3 (фиг. 1), поступает во  
30 входной коллектор 11, затем попадает в кольцевой канал шириной  $\delta$  охлаждения АЭ 2. Поток ОЖ протекает вдоль всей поверхности АЭ и контактирует с ней. Таким образом происходит охлаждение кристалла АЭ. На выходе из кольцевого канала  $\delta$  противоположного конца АЭ ОЖ в обратном порядке собирается в выходной коллектор 11, затем через каналы а прижима 3 выводится из квантрона либо герметизируется в  
35 нем.

Для обеспечения заданных режимов работы квантрона в заданных условиях эксплуатации может возникнуть необходимость термостабилизации МЛД. При этом обеспечение выхода на температурный рабочий режим элементов накачки  
40 обеспечивается следующим образом. Нагреватели, установленные в отверстиях b теплообменного модуля 15 и теплообменников 16 (фиг. 1, 2), повышают температуру МЛД 5 от исходной до температуры выхода на рабочий режим. Теплоотводы 13 обеспечивают сброс тепла, образованного внешними климатическими условиями эксплуатации и в процессе работы элементов накачки, с теплообменников 16 на корпус теплообменного модуля 15. Элементы охлаждения, установленные в отверстии c,  
45 обеспечивают отвод тепла на любую теплоотводящую поверхность, при этом термоинтерфейс 12 обеспечивает высокую теплопроводность между элементами конструкции, участвующими в теплообмене. Таким образом снижается температура матриц до рабочей и происходит термостабилизация элементов накачки.

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;
- для заявляемого устройства в том виде, в котором оно охарактеризовано в формуле изобретения, подтверждена возможность его осуществления.

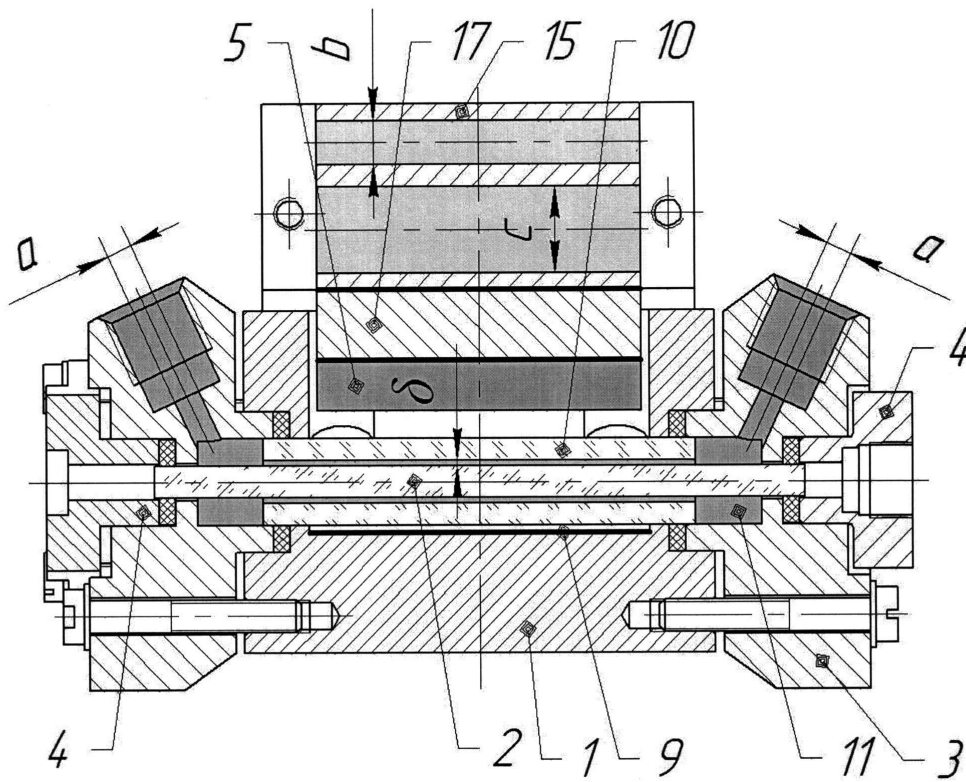
Следовательно, заявляемое изобретение соответствует условию «промышленная применимость».

#### Формула изобретения

Квантрон твердотельного лазера с термостабилизацией диодной накачки, содержащий размещенные в корпусе в виде многогранника: активный элемент в виде стержня, матрицы лазерных диодов, расположенные вокруг и вдоль активного элемента равномерно и обращенные излучающей областью к активному элементу, и систему охлаждения, выполненную в виде двух независимых контуров для охлаждения активного элемента и матриц, контур охлаждения активного элемента содержит трубку, охватывающую активный элемент с образованием кольцевого канала шириной  $\delta$ , и входной, выходной коллекторы, из которых выходят каналы, трубка выполнена из материала, прозрачного для излучения накачки, отличающийся тем, что снабжен световодами, расположенными параллельно оси активного элемента на каждой грани выступов, размещенных на внутренней поверхности корпуса, торцы активного элемента закреплены в прижимах, установленных в корпусе, входной, выходной коллекторы расположены в прижимах и соединены с кольцевым каналом, контур охлаждения матриц содержит термоинтерфейс, теплоотводы и элементы термостабилизации, размещенные в теплообменном модуле и теплообменниках, каждый выступ содержит отражающую диаметральною поверхность, обращенную к активному элементу и расположенную напротив каждой матрицы, одна из которых расположена на переходнике, а остальные - на теплообменниках, установленных на внешней поверхности корпуса, переходник закреплен на теплообменном модуле, установленном на внешней поверхности корпуса, теплообменники и теплообменный модуль связаны с помощью теплоотводов, термоинтерфейс размещен в местах соединения теплоотводов с теплообменниками и теплообменным модулем, в соединении переходника с теплообменным модулем и с матрицей, а также в соединении матриц с теплообменниками, в качестве элементов термостабилизации используются нагреватели и элементы охлаждения, при этом элементы охлаждения установлены только в теплообменном модуле, а теплообменники, теплоотводы, интерфейс и теплообменный модуль выполнены из материалов с большим коэффициентом теплопроводности.

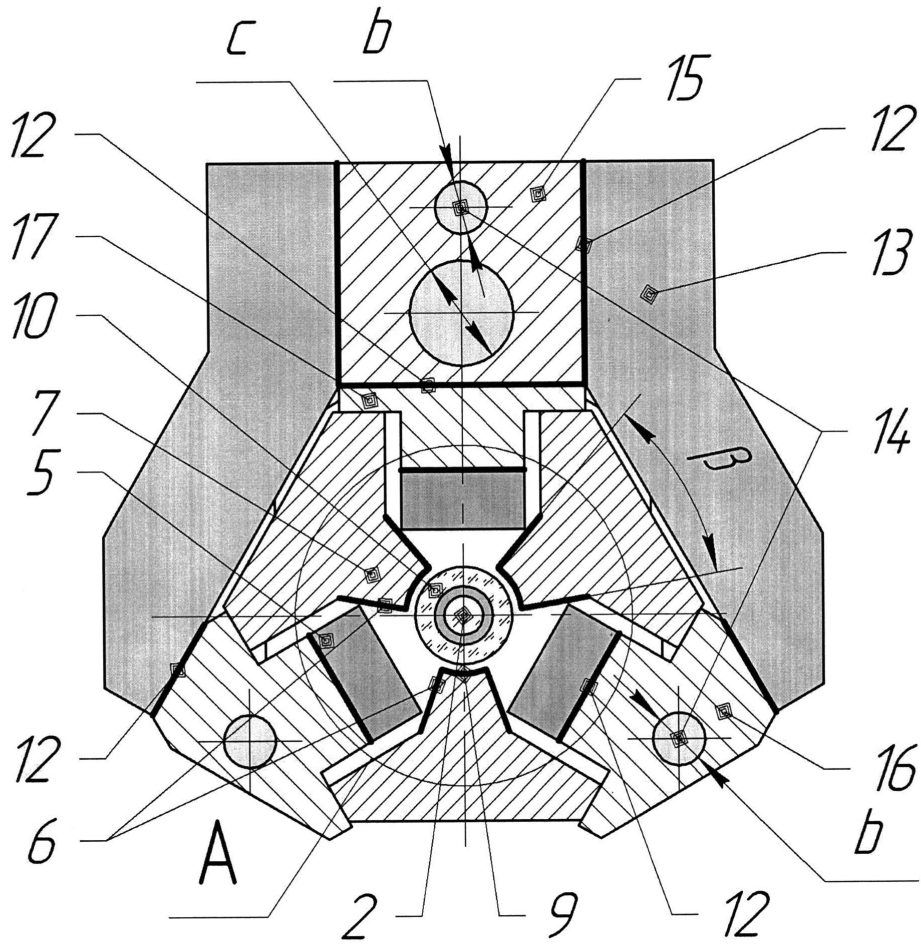


Квантрон твердотельного лазера  
с термостабилизацией диодной накачки



Фиг.1

Квантрон твердотельного лазера  
с термостабилизацией диодной накачки



Фиг.2