



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2014137241/28, 15.09.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
15.09.2014

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 15.09.2014

(45) Опубликовано: 20.02.2016 Бюл. № 5

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: RU 2498467 C2, 10.11.2013. WO  
1997047060 A1, 11.12.1997. US 5883737 A1,  
16.03.1999. US 7221694 B2, 22.05.2007. US  
20100253769 A1, 07.10.2010.

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),  
Орехов Георгий Викторович (RU),  
Янусов Михаил Юрьевич (RU),  
Пенкин Виталий Анатольевич (RU),  
Магда Лев Эдуардович (RU),  
Абышев Анатолий Александрович (RU),  
Арапов Юрий Дмитриевич (RU),  
Касьянов Иван Вячеславович (RU),  
Поляков Сергей Анатольевич (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)

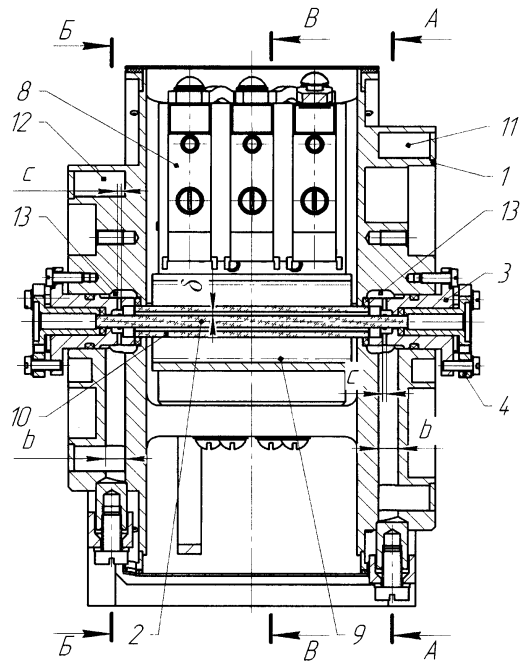
## (54) ОПТИЧЕСКАЯ УСИЛИТЕЛЬНАЯ ГОЛОВКА С КОНТРОТРАЖАТЕЛЕМ ДИОДНОЙ НАКАЧКИ

(57) Реферат:

Изобретение относится к лазерной технике. Оптическая усилительная головка с контроотражателем диодной накачки состоит из размещенных в корпусе активного элемента в виде стержня, элементов диодной накачки, расположенных равномерно вокруг и вдоль активного элемента на держателях, и системы охлаждения, содержащей трубку, охватывающую активный элемент с образованием кольцевого канала шириной  $\delta$ , каналы в корпусе, каждом держателе и элементах накачки и входной и выходной коллекторы. Каждый держатель содержит отражающую поверхность,

обращенную к активному элементу, торцы активного элемента закреплены в прижимах, установленных в корпусе, система охлаждения выполнена в виде единого контура. В качестве элементов диодной накачки используются линейки лазерных диодов, каждая из которых снабжена цилиндрической линзой, а отражающие поверхности держателей расположены вдоль поверхности активного элемента и охватывают его диаметрально. Технический результат заключается в обеспечении возможности снижения гидравлического сопротивления системы охлаждения. 6 ил.

RU 2575673 C1



Фиг.1

RU 2575673 C1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*H01S 3/0933* (2006.01)  
*H01S 3/042* (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2014137241/28, 15.09.2014

(24) Effective date for property rights:  
15.09.2014

Priority:

(22) Date of filing: 15.09.2014

(45) Date of publication: 20.02.2016 Bull. № 5

Mail address:

456770, Cheljabinskaja obl., g. Snezhinsk, ul.  
Vasil'eva, 13, a/ja 245, FGUP "RFJaTs-VNIITF im.  
akadem. E.I. Zababakhina, otdel intellektual'noj  
sobstvennosti, Katsmanu K.B.

(72) Inventor(s):

Jarulina Natal'ja Borisovna (RU),  
Orekhov Georgij Viktorovich (RU),  
Janusov Mikhail Jur'evich (RU),  
Penkin Vitalij Anatol'evich (RU),  
Magda Lev Ehduardovich (RU),  
Abyshv Anatolij Aleksandrovich (RU),  
Arapov Jurij Dmitrievich (RU),  
Kas'janov Ivan Vjacheslavovich (RU),  
Poljakov Sergej Anatol'evich (RU)

(73) Proprietor(s):

Rossijskaja Federatsija, ot imeni kotoroj  
vystupaet Gosudarstvennaja korporatsija po  
atomnoj ehnergii "Rosatom" (Goskorporatsija  
"Rosatom") (RU),  
Federal'noe gosudarstvennoe unitarnoe  
predpriyatje "ROSSIJSKIJ FEDERAL'NYJ  
JaDERNYJ TsENTR - VSEROSIJSKIJ  
NAUChNO-ISSLEDOVATEL'SKIJ INSTITUT  
TEKhNICHESKOJ FIZIKI IMENI  
AKADEMIKA E.I. ZABABAKhINA" (RU)

(54) **OPTICAL AMPLIFIER HEAD WITH DIODE PUMPING COUNTER-REFLECTOR**

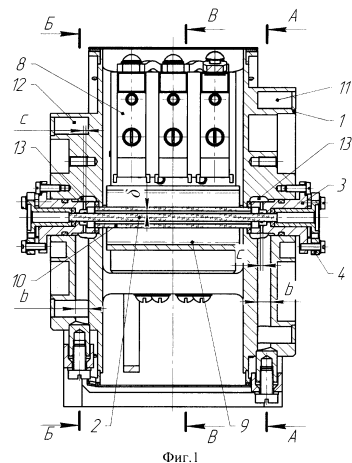
(57) Abstract:

FIELD: physics.

SUBSTANCE: optical amplifier head with a diode pumping counter-reflector consists of, arranged in a housing, an active element in the form of a rod, diode pumping elements arranged uniformly around and along the active element on holders, and a cooling system comprising a pipe encircling the active element to form an annular channel with a width  $\delta$ , channels in the housing, each holder and pumping elements and input and output collectors. Each holder comprises a reflecting surface facing the active element; the ends of the active element are attached in clamps mounted in the housing; the cooling system is in the form of a single loop. As the diode pumping elements lines of laser diodes are used each provided with a cylindrical lens, and the reflecting surfaces of the holders are located along the surface of the active element and encircle the said element diametrically.

EFFECT: reducing the hydraulic resistance of the cooling system.

6 dwg



Фиг.1

RU 2 575 673 C1

RU 2 575 673 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, состоящая из размещенных в корпусе активного элемента в виде стержня, элементов диодной накачки, расположенных на держателях вдоль активного элемента, и системы охлаждения, содержащей трубку, охватывающую активный элемент с образованием кольцевого канала, и каналы, расположенные в корпусе, держателях и элементах накачки. Элементы диодной накачки выполнены в виде блоков линеек лазерных диодов и расположены 10 под углом  $90^\circ$  к оси активного элемента. 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 активного элемента и элементов диодной накачки происходит за счет высокой скорости потока охлаждающей жидкости. Поддержание 15 постоянной температуры теплоносителя позволяет обеспечить работоспособность и высокую эффективность оптической усилительной головки.

Однако неравномерное и неполное заполнение излучением накачки активного элемента приводит к увеличению термомеханических напряжений внутри активного элемента, что может привести к его выходу из строя. Неравномерность освещения 20 активного элемента 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 25 падению мощности выходного лазерного пучка.

Наиболее близким аналогом заявляемого изобретения, выбранным в качестве прототипа, является оптическая усилительная головка с диодной накачкой, состоящая из размещенных в корпусе активного элемента в виде стержня, элементов диодной накачки, расположенных равномерно вокруг и вдоль активного элемента на держателях 30 и обращенных к активному элементу излучающей областью, системы охлаждения, содержащей трубку, охватывающую активный элемент с образованием кольцевого канала шириной  $\delta$ , каналы, расположенные в корпусе, каждом держателе и сборках элементов накачки, входной и выходной коллекторы, выполненные в корпусе, из которых выходят каналы, соединенные с каналами, выполненными в сборках элементов 35 накачки и держателях, которые размещены в отверстиях, выполненных на внешней поверхности корпуса, трубка выполнена из материала, прозрачного для излучения накачки (п. РФ №2498467, МПК H01S 3/0933, 3/042, опубл. 2013 г.). В качестве элементов диодной накачки используются матрицы лазерных диодов, корпус выполнен в виде шестигранника, на обоих торцах трубки установлены демпфирующие элементы, система 40 охлаждения выполнена в виде двух независимых контуров.

Расположение матриц лазерных диодов равномерно вокруг активного элемента и позволяет равномерно заполнить активный элемент излучением накачки, что уменьшает в нем термические напряжения, а также повышает эффективность накачки. Выполнение системы охлаждения из двух независимых контуров охлаждения позволяет независимо 45 регулировать и поддерживать оптимальную температуру для матриц лазерных диодов и активного элемента.

Однако оптическая усилительная головка с двумя контурами охлаждения содержит большое число деталей, что существенно сказывается на массогабаритных

характеристиках. Применение матриц с охлаждающими каналами малого сечения и, в особенности, их последовательного соединения приводит к увеличению гидравлического сопротивления оптической головки. Значительная часть излучения накачки не поглощается, т.к. диаметр активного элемента меньше излучающей области матрицы лазерных диодов, что снижает КПД доставки излучения накачки, а следовательно, и мощности лазерного излучения.

Задача, на решение которой направлено изобретение, - оптимизация системы охлаждения и массогабаритных характеристик, повышение эффективности накачки.

Технический результат, получаемый при использовании предлагаемого технического решения - снижение гидравлического сопротивления системы охлаждения, увеличение КПД и мощности излучения.

Указанный технический результат достигается тем, что в оптической усилительной головке с контротражателем диодной накачки, состоящей из размещенных в корпусе активного элемента в виде стержня, элементов диодной накачки, расположенных равномерно вокруг и вдоль активного элемента на держателях и обращенных к активному элементу излучающей частью, и системы охлаждения, содержащей трубку, охватывающую активный элемент с образованием кольцевого канала шириной  $\delta$ , каналы, расположенные в корпусе, каждом держателе и сборках элементов накачки, и входной и выходной коллекторы, выполненные в корпусе, из которых выходят каналы, соединенные с каналами, выполненными в сборках элементов накачки и держателях, которые размещены в отверстиях, выполненных на внешней поверхности корпуса, трубка выполнена из материала, прозрачного для излучения накачки, особенность заключается в том, что каждый держатель содержит отражающую поверхность, обращенную к активному элементу, торцы активного элемента закреплены в прижимах, установленных в корпусе, система охлаждения выполнена в виде единого контура и снабжена каналами, выполненными в прижимах, входным и выходным дополнительными коллекторами, образованными корпусом и прижимами, и каналами корпуса, соединяющими входной и выходной коллекторы с дополнительными входным и выходным коллекторами, которые соединены с каналами прижимов, соединенными с кольцевым каналом, корпус выполнен в виде цилиндра с выступами, на которых размещены держатели, в качестве элементов диодной накачки используются линейки лазерных диодов, каждая из которых снабжена цилиндрической линзой, расположенной на излучающей части, а отражающие поверхности держателей расположены вдоль поверхности активного элемента и охватывают его диаметрально.

Совмещение в конструкции держателя функции крепления элементов диодной накачки и контротражателя лазерного излучения, а также установка на излучающей части элемента накачки цилиндрической линзы с целью формирования заданного угла расходимости излучения накачки позволяют повысить эффективность осветителя. Установка активного элемента в прижимах, каналы которых образуют дросселирующую диафрагму, позволяет согласовать гидравлическое сопротивление каналов охлаждения активного элемента с гидравлическим сопротивлением контуров охлаждения элементов накачки. Таким образом, снижается гидравлическое сопротивление системы охлаждения и увеличивается КПД и мощность излучения. За счет этого решается задача повышения эффективности накачки и оптимизации системы охлаждения и массогабаритных характеристик.

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,

5 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

10 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 поперечный разрез ОУГ.

На фиг. 2 - разрез А-А.

15 На фиг. 3 - разрез Б-Б.

На фиг. 4 - разрез В-В.

На фиг. 5 - разрез Г-Г.

На фиг. 6 - вид Д

Оптическая усилительная головка (ОУГ) с диодной накачкой (фиг. 1-6) содержит

20 выполненный в виде полого цилиндра корпус 1, в котором установлен активный элемент (АЭ) 2 в виде стержня, торцы которого закреплены в прижимах 3, 4, установленных в корпусе. Корпус 1 выполнен с выступами 5 (фиг. 4), на внешней поверхности которых предусмотрены отверстия (не показаны) для размещения держателей 6 элементов

25 диодной накачки, в качестве которых используются линейки лазерных диодов (ЛЛД) 7, монтаж которых выполнен на охлаждающей поверхности основания сборки ЛЛД - излучателя 8 (фиг. 6). Каждый держатель 6 содержит контротрагатель, выполненный в виде сегмента цилиндрической отражающей поверхности 9, обращенной к активному элементу 2. Излучатели 8 с линейками лазерных диодов 7 размещены вокруг и вдоль АЭ равномерно и обращены к АЭ излучающей частью.

30 Система охлаждения ОУГ выполнена в виде единого контура для охлаждения АЭ 2 и излучателей 8 и содержит трубку 10, охватывающую АЭ 2 с образованием кольцевого канала шириной  $\delta$ , входной и выходной коллекторы 11, 12, дополнительные входной и выходной коллекторы 13, каналы *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, расположенные в корпусе 1, держателях 6, прижимах 3 и излучателях 8 (фиг. 1, 4, 5). Трубка 10 выполнена из материала,

35 оптически прозрачного для излучения накачки (например, стекло, плавленый кварц, лейкосапфир и т.д.). Диаметр и толщина трубки рассчитываются исходя из требуемой фокусировки излучения накачки. Кольцевой канал 5 формирует слой охлаждающей жидкости (ОЖ), охлаждающий АЭ, образован стенкой трубки 10 и АЭ 2. Каналы, выполненные в прижимах 3, образуют дросселирующую диафрагму, предусмотренную

40 на входе и выходе канала охлаждения АЭ 2.

Дополнительные входной и выходной коллекторы 13 образованы прижимами 3 и корпусом 1 и соединены каналами *b* корпуса с входным и выходным коллекторами 11, 12. Каналы с прижимов 3 соединяют дополнительные входной и выходной коллекторы 13 с кольцевым каналом шириной  $\delta$ . Прижимы 3 применены для центрирования АЭ в

45 корпусе ОУГ относительно трубки 10 и ее герметизации, а прижимы 4 - для герметизации АЭ. Отражающие поверхности 9 всех держателей расположены вдоль поверхности АЭ и охватывают его диаметрально. Каждая сборка излучателей 8 снабжена цилиндрической линзой исходящего излучения 14 (фиг. 6), расположенной на излучающей части лазерных

диодов 7. Линза 14 выполнена из оптоволокна, ее диаметр рассчитывается исходя из требуемой фокусировки излучения накачки.

Устройство работает следующим образом. На излучатель 8 (фиг. 1, 4) подается напряжение питания, линейка лазерных диодов 7 (фиг. 6) начинает генерировать излучение накачки, которое проходит через линзу 14, формируясь в световой поток углом  $\alpha$ , сквозь трубку 10 и ОЖ кольцевого канала  $\delta$ , 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, отражается от контротражателя 9 держателя 6 и вновь направляется в АЭ 2.

В непрерывном режиме работы мощность тепловыделения АЭ 2 достаточно высока, а часть электрической энергии, подаваемой на излучатели 8, тратится на тепловые потери, поэтому требуется эффективное охлаждение не только АЭ 2, но и линеек лазерных диодов 7, которое происходит следующим образом.

Охлаждающая жидкость (ОЖ) подается в систему охлаждения и поступает во входной коллектор 11 (фиг. 1). Затем разделяется на два потока - по каналам *a* (фиг. 2, 3) к линейкам лазерных диодов 7 и по каналу *b* к АЭ 2 (фиг. 1). Из каналов *a* выступов 5 (фиг. 4, 5) корпуса 1 ОЖ перемещается в каналы *e* держателей 6, проходит по каналам *d* излучателей 8, затем в обратном порядке собирается в каналы *e*, перемещается по каналам *a* (фиг. 3) корпуса 1 и выводится в выходной коллектор 12 (фиг. 1).

Второй поток ОЖ по каналам корпуса *b* (фиг. 1) поступает в дополнительный входной коллектор 13. Затем через каналы *c* прижима 3, образующие дросселирующую диафрагму, предусмотренную на входе и выходе канала охлаждения АЭ 2 и позволяющую согласовать гидравлическое сопротивление каналов охлаждения АЭ 2 и излучателей 8, 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. На выходе из кольцевого канала  $\delta$  противоположного конца АЭ ОЖ в обратном порядке через каналы *e* прижима 3 собирается в дополнительный выходной коллектор 13, затем через каналы *b* корпуса 1 выводится в выходной коллектор 12 и затем из ОУГ.

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

Оптическая усилительная головка с контротражателем диодной накачки, состоящая из размещенных в корпусе активного элемента в виде стержня, элементов диодной накачки, расположенных равномерно вокруг и вдоль активного элемента на держателях и обращенных к активному элементу излучающей частью, и системы охлаждения, содержащей трубку, охватывающую активный элемент с образованием кольцевого канала шириной  $\delta$ , каналы, расположенные в корпусе, каждом держателе и сборках элементов накачки, и входной и выходной коллекторы, выполненные в корпусе, из которых выходят каналы, соединенные с каналами, выполненными в сборках элементов

накачки и держателях, которые размещены в отверстиях, выполненных на внешней поверхности корпуса, трубка выполнена из материала, прозрачного для излучения накачки, отличающаяся тем, что каждый держатель содержит отражающую поверхность, обращенную к активному элементу, торцы активного элемента закреплены в прижимах, установленных в корпусе, система охлаждения выполнена в виде единого контура и снабжена каналами, выполненными в прижимах, входным и выходным дополнительными коллекторами, образованными корпусом и прижимами, и каналами корпуса, соединяющими входной и выходной коллекторы с дополнительными входным и выходным коллекторами, которые соединены с каналами прижимов, соединенными с кольцевым каналом, корпус выполнен в виде цилиндра с выступами, на которых размещены держатели, в качестве элементов диодной накачки используются линейки лазерных диодов, каждая из которых снабжена цилиндрической линзой, расположенной на излучающей части, а отражающие поверхности держателей расположены вдоль поверхности активного элемента и охватывают его диаметрально.

15

20

25

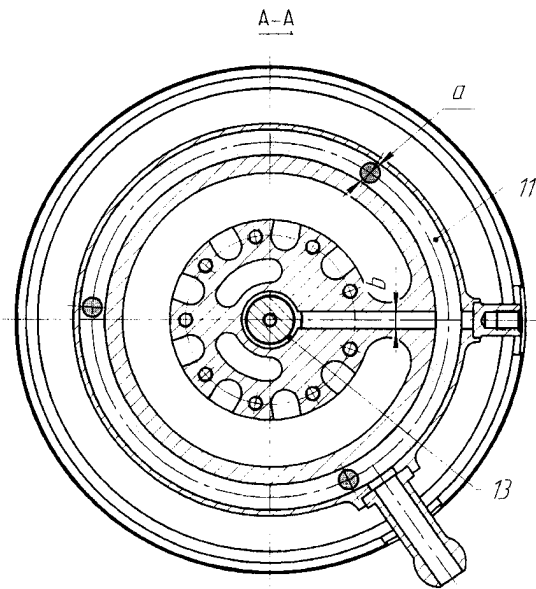
30

35

40

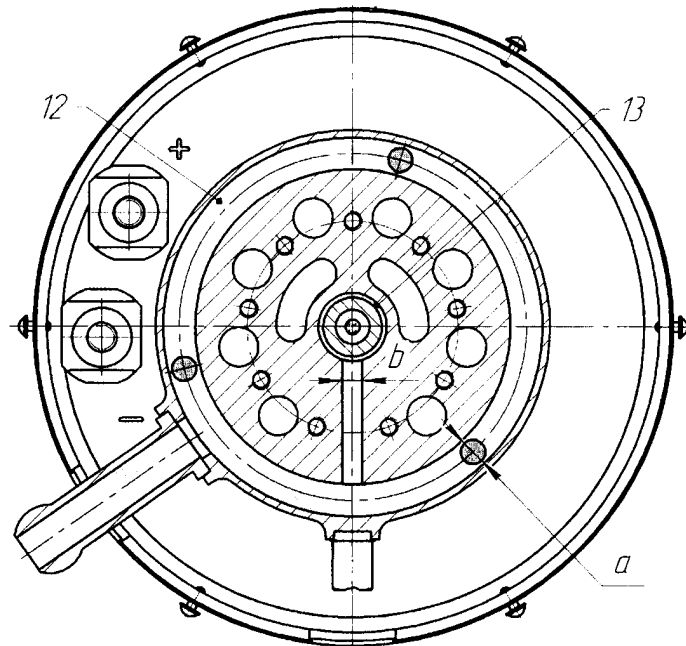
45





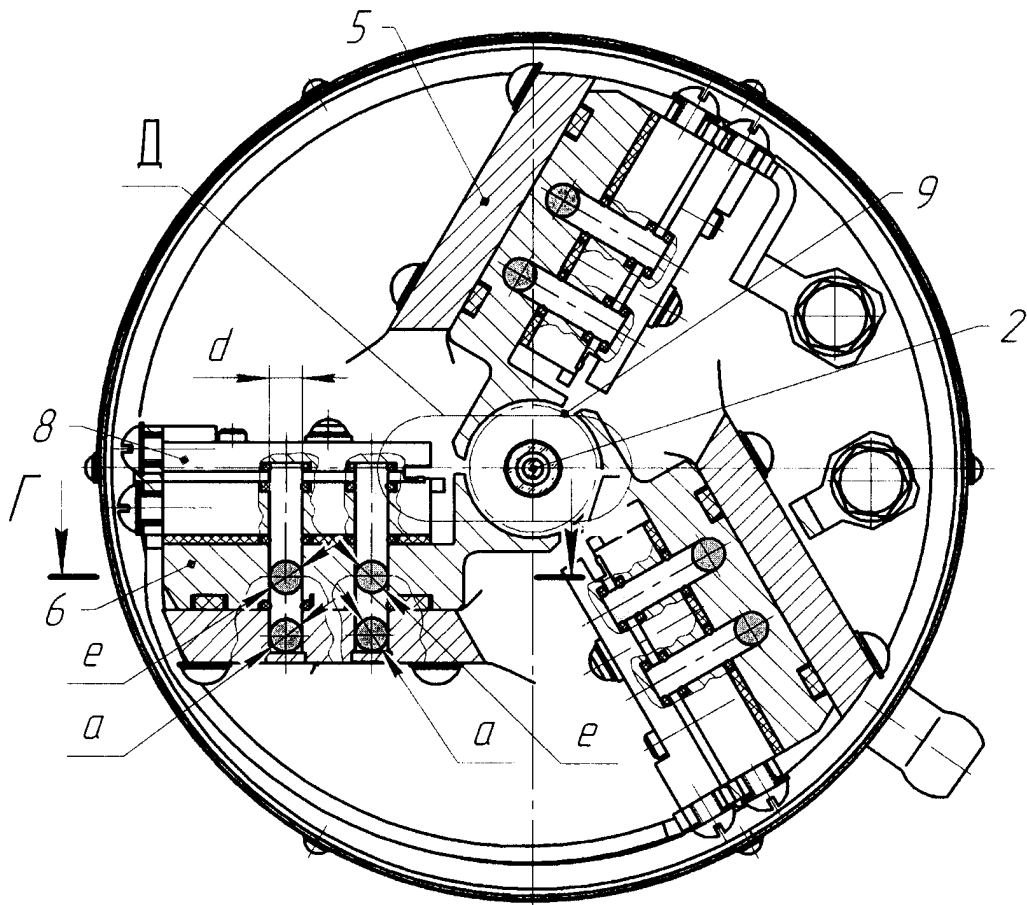
Фиг. 2

Б-Б



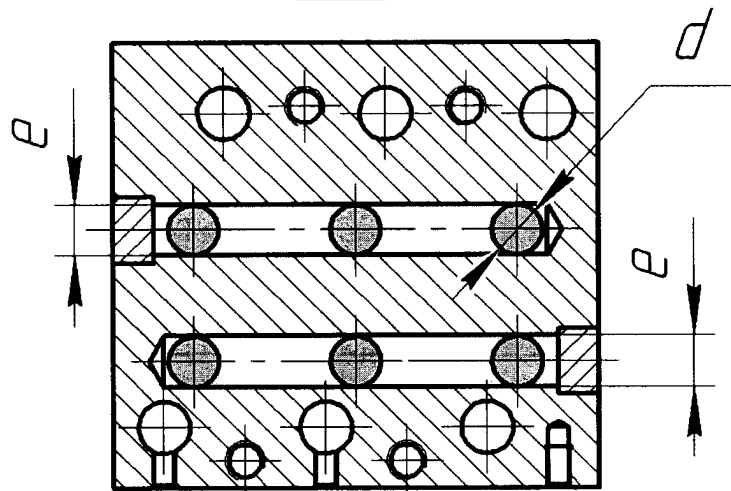
Фиг. 3

B-B

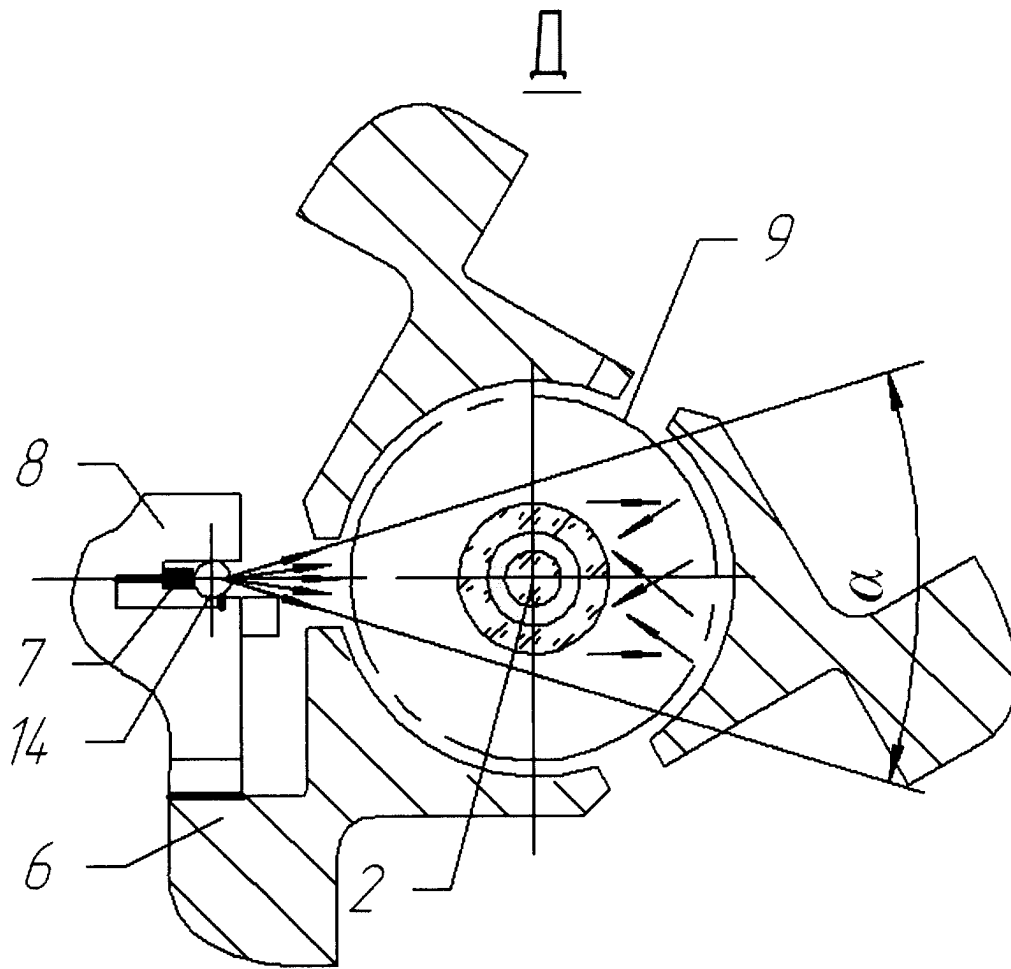


Фиг.4

Г-Г



Фиг.5



Фиг.6