

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

G02B 27/46 (2019.02); H01S 3/10 (2019.02); G12B 17/08 (2019.02)

(21) (22) Заявка: 2018146095, 25.12.2018

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
25.12.2018Дата регистрации:
25.04.2019

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 25.12.2018

(45) Опубликовано: 25.04.2019 Бюл. № 12

Адрес для переписки:

603950, г. Нижний Новгород, Бокс-120, ул.
Ульянова, 46, ИПФ РАН

(72) Автор(ы):

Кирсанов Алексей Владимирович (RU),
Потемкин Анатолий Константинович (RU),
Хазанов Ефим Аркадьевич (RU),
Шайкин Андрей Алексеевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
научное учреждение "Федеральный
исследовательский центр Институт
прикладной физики Российской академии
наук" (ИПФ РАН) (RU)(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: Кирсанов А.В., "Разработка
пространственных фильтров и эффективных
усилителей с высоким ресурсом работы для
многокаскадных лазеров с качеством
излучения, близким к дифракционному":
Автореферат диссертации на соискание
ученой степени кандидата технических наук
- Нижний Новгород, 2012. Lozhkarev V.V.,
Freidman G.I., Ginzburg V.N. et al. "Compact
(см. прод.)

(54) Пространственный фильтр для мощных многокаскадных лазерных усилителей

(57) Реферат:

Полезная модель относится к оптическому приборостроению, к лазерным многокаскадным усилителям для создания сверхсильных полей, в частности к пространственным фильтрам.

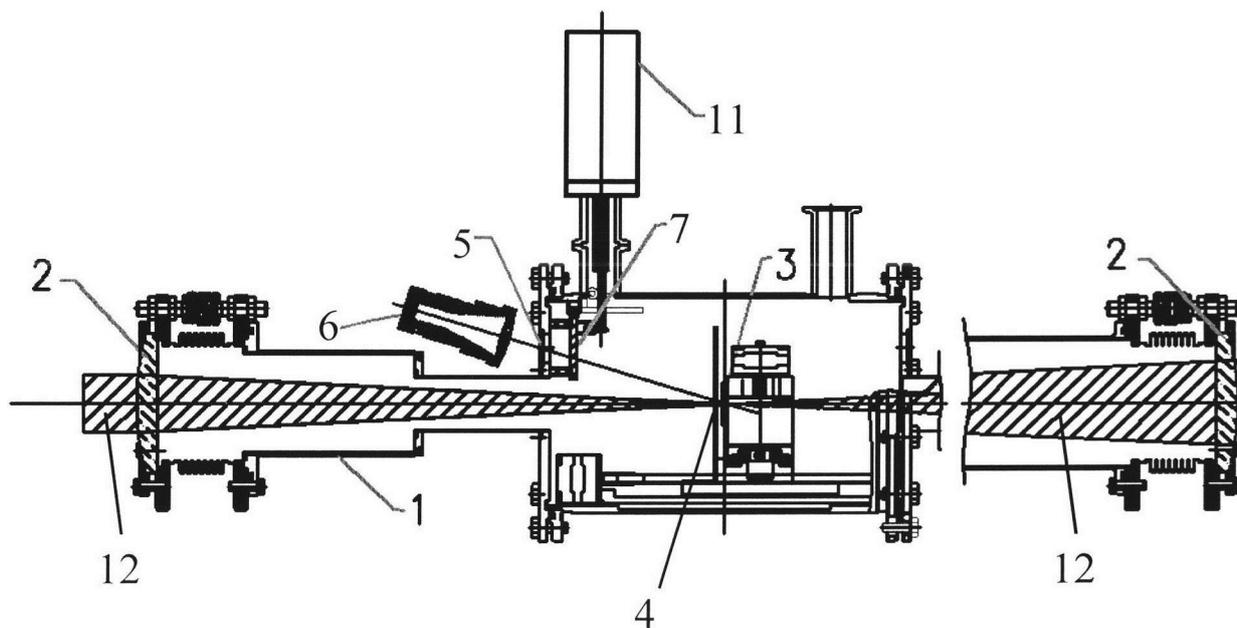
Пространственный фильтр для мощных многокаскадных лазерных усилителей содержит вакуумированный корпус, две фокусирующие линзы, подвижную диафрагму. Для контроля положения подвижной диафрагмы в режиме юстировки предусмотрено смотровое юстировочное окно. Внутри вакуумированного корпуса вблизи от смотрового юстировочного окна размещена заслонка, выполненная из вакуумного оптически непрозрачного материала, эффективная площадь которой превышает апертуру смотрового юстировочного окна.

Заслонка закреплена на вакуумированном корпусе с помощью цилиндрического шарнирного механизма. С помощью второго цилиндрического шарнирного механизма соединена со свободным концом штока механизма линейного перемещения с сильфонным вводом. В одном крайнем положении заслонка расположена в горизонтальном положении, соответствующем режиму юстировки, а в другом крайнем положении заслонка расположена в вертикальном положении, плотно закрывая просвет смотрового юстировочного окна, что соответствует рабочему режиму пространственного фильтра.

Это позволяет обеспечить защиту системы видеомониторинга от мощных вспышек и защиту

смотрового юстировочного окна от загрязнения
в результате абляции материала подвижной

диафрагмы в рабочем режиме. 3 ил.



Фиг.1

(56) (продолжение):

0.56 Petawatt laser system based on optical parametric chirped pulse amplification in KD*P crystals",
Laser Physics Letters, 4(6), pages 421-427, 2007. SU 1442468 A1 (О.Н. ГУСЕВ, И.Н. СТЕПАНЕНКОВ)
07.12.1988. US 2014126043 A1 (SENEKERIMYAN VAHAN) 08.05.2014.

RU 188876 U1

RU 188876 U1

Полезная модель относится к оптическому приборостроению, к лазерным многокаскадным усилителям для создания сверхсильных полей, в частности к пространственным фильтрам, используемым для переноса изображения с усилителя на усилитель, для масштабирования изображения и для фильтрации неоднородностей излучения.

Наряду с лазерными усилителями ключевыми элементами многокаскадного лазерного комплекса являются пространственные фильтры. Пространственный фильтр представляет собой Кеплеров телескоп с диафрагмой, помещенной в область перетяжки. Как Кеплеров телескоп, пространственный фильтр обеспечивает масштабирование излучения и перенос изображения при переходах с усилителя на усилитель, при этом уменьшает вариации интенсивности в активных элементах. Диафрагмы, установленные в фокальной плоскости линз телескопов, выполняют несколько функций. Во-первых, они геометрически уменьшают угол видения усилителей. Это предотвращает самовозбуждение усилителей и разрушение оптических элементов из-за паразитных отражений от различных элементов установок, уменьшает уровень мощности спонтанной люминесценции усилителей. Во-вторых, они фильтруют лазерное излучение от мелкомасштабных возмущений, тем самым подавляют мелкомасштабную самофокусировку пучка в оптических элементах.

При создании пространственных фильтров для лазерных комплексов необходимо выполнить целый ряд противоречивых условий. Во-первых, для повышения стабильности диаграммы направленности излучения желательно располагать усилитель на одном оптическом столе, что требует создания максимально компактных пространственных фильтров. В то же время пространственный фильтр с экономически доступной сферической оптикой не может иметь короткофокусные линзы, так как они вносят в пучок сферическую абберацию. Определенные требования на конструкцию всего пространственного фильтра накладывает наличие диафрагмы в фокусе линз. Поскольку диафрагма пространственного фильтра отсекает высокочастотные составляющие пространственного спектра излучения для предотвращения пробоев оптических элементов, то диаметр диафрагмы не должен превышать 20-30 дифракционных пределов. С другой стороны, размер диафрагмы должен быть достаточно большим для того, чтобы минимизировать плазменный разряд, возникающий на краях диафрагмы вследствие высокой интенсивности излучения. В этом случае лазерный импульс проходит через диафрагму без искажений.

Длина оптического пути в мощных лазерных установках может составлять десятки и сотни метров. Так же существуют флуктуации окружающей температуры на доли градусов, связанные с тепловыделением в аппаратуре. Эти факторы вызывают неизбежные изменения в настройке положения проходящего излучения в фокальной плоскости пространственного фильтра относительно диафрагмы. Это приводит к необходимости периодического контроля и юстировки взаимного положения диафрагмы пространственного фильтра и центра пучка лазерного излучения.

Из уровня техники известны следующие виды пространственных фильтров. Пространственные фильтры могут быть изготовлены, например, в виде цельного вакуумированного телескопа Кеплера с жестко закрепленными линзами и диафрагмой в расчетном месте (D.M. Pennington, M.D. Perry, B.C. Stuart, et.al., Petawatt laser system in Solid State Lasers for Application to Inertial Confinement Fusion: Second Annual International Conference, M.L. Andre ed., Proc. SPIE, 3047, pp. 490-500, 1997). В этом варианте исполнения настройка пространственного фильтра осуществляется с помощью внешних заводящих зеркал (R.D. Boyd et al., Alignment and Diagnostics on the National Ignition Facility Laser

System, 44th Annual Meeting of the International Symposium on Optical Science, Engineering, and Instrumentation, Colorado, 1999), что в цепочке каскадов усилителей требует обязательной подстройки всех последующих заводящих зеркал с проверкой попадания на активные элементы и дальнейшей коррекции направления излучения.

5 Для большеапертурных лазерных систем, таких как ИСКРА-5 (В.И. Аненков, В.А. Багрецов, В.Г. Безуглов, Импульсный лазер «Искра-5» с мощностью 120 ТВт. Квантовая электроника. 18, №5, 1991), характерно исполнение пространственного фильтра в виде отдельно стоящих линз большого диаметра (от 0,5 до 1 метра в диаметре) и вакуумированной кюветы с диафрагмой, расположенной в фокальной плоскости
10 транспортного телескопа. Для данного исполнения характерна юстировка диафрагмы путем перемещения вакуумированной кюветы целиком, что представляет определенные сложности. Добавление четырех поверхностей вакуумных окон кюветы, через которые должно проходить лазерное излучение, увеличивает потери и ухудшает качество пучка.

Оба эти типа пространственных фильтров представляют собой громоздкие
15 сооружения с излишним количеством поверхностей и со сложной системой юстировки положения диафрагмы относительно центра проходящего излучения.

Недостатки данных типов пространственных фильтров устранены в компактном многокаскадном комплексе "PEARL" (Lozhkarev V.V., Freidman G.I., Ginzburg V.N., Katin
20 E.V., Khazanov E.A., Kirsanov A.V., Luchinin G.A., Mal'shakov A.N., Martyanov M.A., Palashov O.V., Poteomkin A.K., Sergeev A.M., Shaykin A.A., Yakovlev I.V. Compact 0.56 petawatt laser system based on optical parametric chirped pulse amplification in KD*P crystals // Laser Physics Letters, 4 (6), p. 421-427, 2007). Для него был разработан пространственный фильтр с оригинальной методикой настройки, выбранный в качестве прототипа (Кирсанов А.В.
25 Разработка пространственных фильтров и эффективных усилителей с высоким ресурсом работы для многокаскадных лазеров с качеством излучения, близким к дифракционному: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук: 01.04.21; [место защиты: ИЛФ СО РАН, Новосибирск] - Нижний Новгород, 2012. - 19 с.).

30 В устройстве - прототипе предложена эффективная и компактная схема пространственного фильтра в виде Кеплерова телескопа, содержащего вакуумированный корпус, в котором на оптической оси расположены две фокусирующие линзы, использующиеся одновременно в качестве вакуумных окон, что уменьшает количество оптических поверхностей и, соответственно, приводит к улучшению качества пучка. В
35 области фокусов вышеупомянутых линз размещены большая неподвижная диафрагма - маска и малая подвижная диафрагма, установленная на миниатюрной двухкоординатной системе перемещения. По продольной координате Z (вдоль направления распространения лазерного излучения) диафрагмы юстируются совместно один раз для размещения подвижной диафрагмы в фокусе линз телескопа. Через
40 смотровое юстировочное окно, расположенное в вакуумированном корпусе, в режиме юстировки осуществляют контроль положения подвижной диафрагмы, используя систему видеомониторинга. Применяемое для юстировки лазерное излучение имеет мощность в 10^5 - 10^6 раз меньше, чем мощность основного рабочего излучения, поэтому в режиме юстировки не происходит нежелательного воздействия на систему
45 видеомониторинга и на смотровое юстировочное окно.

В рабочем режиме в процессе прохождения основного лазерного излучения через диафрагму пространственного фильтра могут возникать следующие нежелательные явления. Во - первых, фильтрация неоднородностей лазерного излучения приводит к

возникновению на диафрагме яркой вспышки. Во-вторых, при высокой неоднородности лазерного излучения, неточном попадании центра излучения на диафрагму или высоком остаточном давлении вакуума возможен плазменный пробой на диафрагме или в ее области. Образовавшийся плазменный разряд приводит к закрытию пространственного
5 фильтра, в результате чего вся энергия рабочего излучения мгновенно «высаживается» в области диафрагмы.

Недостатком устройства - прототипа является то, что возникающая в результате плазменного пробоя внутри вакуумированного корпуса вспышка приводит к выгоранию пикселей матрицы системы видеомониторинга, выводя ее из строя, если она открыта.
10 Другим недостатком является то, что попадание излучения на подвижную диафрагму в рабочем режиме приводит к абляции материала диафрагмы и вызывает загрязнение внутренней части стекла смотрового юстировочного окна.

Задачей, на решение которой направлено заявленное устройство, является разработка пространственного фильтра для мощных многокаскадных лазерных усилителей, обеспечивающего защиту системы видеомониторинга от мощных вспышек и защиту
15 смотрового юстировочного окна от загрязнения в результате абляции материала подвижной диафрагмы в рабочем режиме пространственного фильтра.

Указанный технический результат достигается благодаря тому, что разработанный пространственный фильтр для мощных многокаскадных лазерных усилителей также,
20 как и пространственный фильтр, который является ближайшим аналогом, содержит вакуумированный корпус, в котором на оптической оси расположены две фокусирующие линзы, являющиеся входным и выходным окнами вакуумированного корпуса, и подвижная диафрагма, размещенная в области фокусов вышеупомянутых линз, а также расположенное в вакуумированном корпусе смотровое юстировочное окно для контроля
25 положения подвижной диафрагмы в режиме юстировки.

Новым в разработанном пространственном фильтре для мощных многокаскадных лазерных усилителей является то, что вблизи от смотрового юстировочного окна внутри вакуумированного корпуса размещена заслонка, выполненная из вакуумного оптически непрозрачного материала, эффективная площадь которой превышает апертуру
30 смотрового юстировочного окна. При этом заслонка с помощью первого цилиндрического шарнирного механизма закреплена на вакуумированном корпусе, а с помощью второго цилиндрического шарнирного механизма соединена со свободным концом штока механизма линейного перемещения с сальфонным вводом, оси обоих цилиндрических шарнирных механизмов параллельны друг другу, а механизм линейного
35 перемещения с сальфонным вводом закреплен на вакуумированном корпусе с возможностью изгиба. Причем в одном крайнем положении, при максимально выдвинутом из вакуумированного корпуса штоке, заслонка расположена в горизонтальном положении, соответствующем режиму юстировки, а в другом крайнем
40 положении, при максимально введенном внутрь вакуумированного корпуса штоке, заслонка расположена в вертикальном положении, плотно закрывая просвет смотрового юстировочного окна, что соответствует рабочему режиму пространственного фильтра. Изобретение поясняется следующими чертежами.

На фиг. 1 представлена схема пространственного фильтра для мощных многокаскадных лазерных усилителей с заслонкой смотрового юстировочного окна.

45 На фиг. 2 представлена часть схемы пространственного фильтра, относящаяся к смотровому юстировочному окну с заслонкой, находящейся в открытом состоянии.

На фиг. 3 представлена часть схемы пространственного фильтра, относящаяся к смотровому юстировочному окну с заслонкой, находящейся в закрытом состоянии.

На фиг. 1 представлена схема пространственного фильтра в виде Кеплера телескопа, содержащего вакуумированный корпус 1, в котором на оптической оси расположены две фокусирующие линзы 2, используемые одновременно в качестве вакуумных окон. Подвижная диафрагма 3 и диафрагма-маска 4, размещены в области 5 фокусов вышеупомянутых линз 2, при этом подвижная диафрагма 3 установлена на миниатюрной двухкоординатной X-Y системе перемещения. Через смотровое юстировочное окно 5, расположенное в вакуумированном корпусе 1, в режиме юстировки осуществляют контроль X-Y положения (перпендикулярно направлению распространения лазерного излучения) подвижной диафрагмы 3, используя систему видеомониторинга 6.

Вблизи от смотрового юстировочного окна 5 внутри вакуумированного корпуса 1 размещена заслонка 7, эффективная площадь которой превышает апертуру смотрового юстировочного окна 5. При этом заслонка 7 закреплена на вакуумированном корпусе 1 с помощью первого цилиндрического шарнирного механизма 8 (фиг. 2 и фиг. 3). С 15 помощью второго цилиндрического шарнирного механизма 9 заслонка 7 соединена со свободным концом штока 10 механизма линейного перемещения 11 с сильфонным вводом. Механизм линейного перемещения 11 закреплен на вакуумном корпусе 1 с возможностью изгиба.

Заявленное устройство работает следующим образом.

20 Перед началом каждого рабочего цикла производят юстировку положения подвижной диафрагмы 3 относительно центра проходящего излучения 12. В режиме юстировки системы с помощью привода механизма линейного перемещения 11 конец штока 10 максимально выдвигают из вакуумированного корпуса 1.

Конец штока 10 соединен посредством второго цилиндрического шарнирного 25 механизма 9 с заслонкой 7. Оси обоих цилиндрических шарнирных механизмов 8 и 9 параллельны друг другу, поэтому при движении конца штока 10 из вакуумированного корпуса 1 заслонка 7 поворачивается вокруг оси первого цилиндрического шарнирного механизма 8 до горизонтального положения, показанного на фиг. 2, смотровое юстировочное окно 5 при этом оказывается открытым.

30 В рабочем режиме пространственного фильтра смотровое юстировочное окно 5 должно быть закрыто. Для этого с помощью привода механизма линейного перемещения 11 конец штока 10 максимально вводят внутрь вакуумированного корпуса 1. Заслонка 7 оказывается в вертикальном положении, плотно закрывая просвет смотрового юстировочного окна 5 (фиг. 3). При этом заслонка 7 защищает от выгорания пиксели 35 матрицы системы видеомониторинга 6 при возникающих вспышках на подвижной диафрагме 3, а внутреннюю часть стекла смотрового юстировочного окна 5 от распыления материала подвижной диафрагмы 3.

В разработанном пространственном фильтре для мощных многокаскадных лазерных усилителей в конкретной реализации устройства использовались следующие материалы 40 и стандартные механизмы. Заслонка 7 была изготовлена из нержавеющей стали на опытном производстве ИПФ РАН. В качестве исполнительного механизма линейного перемещения 11 использовали стандартный коммерчески доступный сильфонный гермоввод линейного перемещения TFT-D-CF16-M-PV6-25HP (www.avacuum.ru). Первоначальные эксперименты проводились с аналогичным механизмом линейного 45 перемещения 11 с электромагнитным приводом.

Таким образом, размещение внутри вакуумированного корпуса вблизи от смотрового юстировочного окна заслонки, выполненной из вакуумного оптически непрозрачного материала, эффективная площадь которой превышает апертуру смотрового

юстировочного окна, позволяет обеспечить защиту системы видеомониторинга от мощных вспышек и защиту смотрового юстировочного окна от загрязнения в результате абляции материала подвижной диафрагмы в рабочем режиме пространственного фильтра для мощных многокаскадных лазерных усилителей. При этом выполнение 5 заслонки с возможностью освобождения просвета смотрового юстировочного окна в режиме юстировки позволяет контролировать и настраивать взаимное положение подвижной диафрагмы и центра пучка проходящего излучения в пространственном фильтре.

10 (57) Формула полезной модели

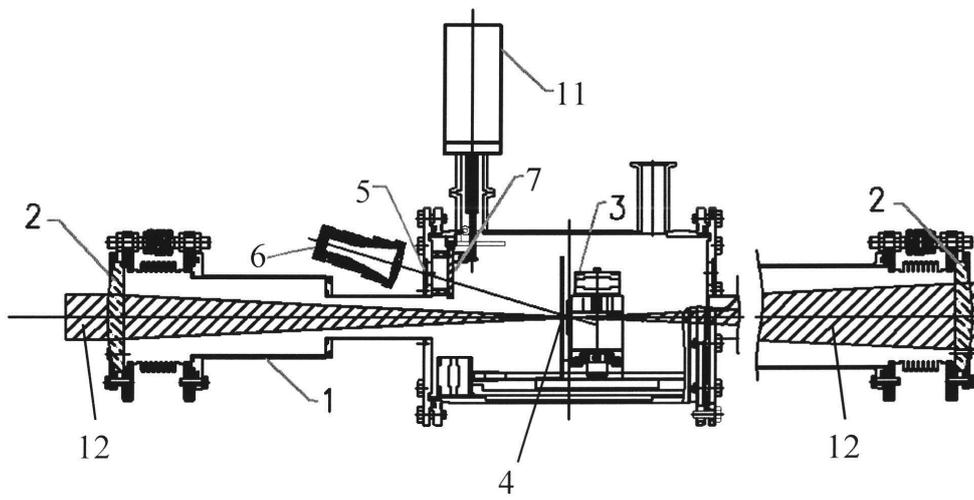
Пространственный фильтр для мощных многокаскадных лазерных усилителей, содержащий вакуумированный корпус, в котором на оптической оси расположены две фокусирующие линзы, являющиеся входным и выходным окнами вакуумированного 15 корпуса, и подвижная диафрагма, размещенная в области фокусов вышеупомянутых линз, а также смотровое юстировочное окно для контроля положения подвижной диафрагмы в режиме юстировки, расположенное в вакуумированном корпусе, отличающийся тем, что вблизи от смотрового юстировочного окна внутри вакуумированного корпуса размещена заслонка, выполненная из вакуумного оптически 20 непрозрачного материала, эффективная площадь которой превышает апертуру смотрового юстировочного окна, при этом заслонка с помощью первого цилиндрического шарнирного механизма закреплена на вакуумированном корпусе, а с помощью второго цилиндрического шарнирного механизма соединена со свободным концом штока механизма линейного перемещения с сильфонным вводом, оси обоих цилиндрических шарнирных механизмов параллельны друг другу, а механизм линейного 25 перемещения с сильфонным вводом закреплён на вакуумированном корпусе с возможностью изгиба, причем в одном крайнем положении, при максимально выдвинутом из вакуумированного корпуса штоке, заслонка расположена в горизонтальном положении, соответствующем режиму юстировки, а в другом крайнем положении, при максимально введенном внутрь вакуумированного корпуса штоке, 30 заслонка расположена в вертикальном положении, плотно закрывая просвет смотрового юстировочного окна, что соответствует рабочему режиму пространственного фильтра.

35

40

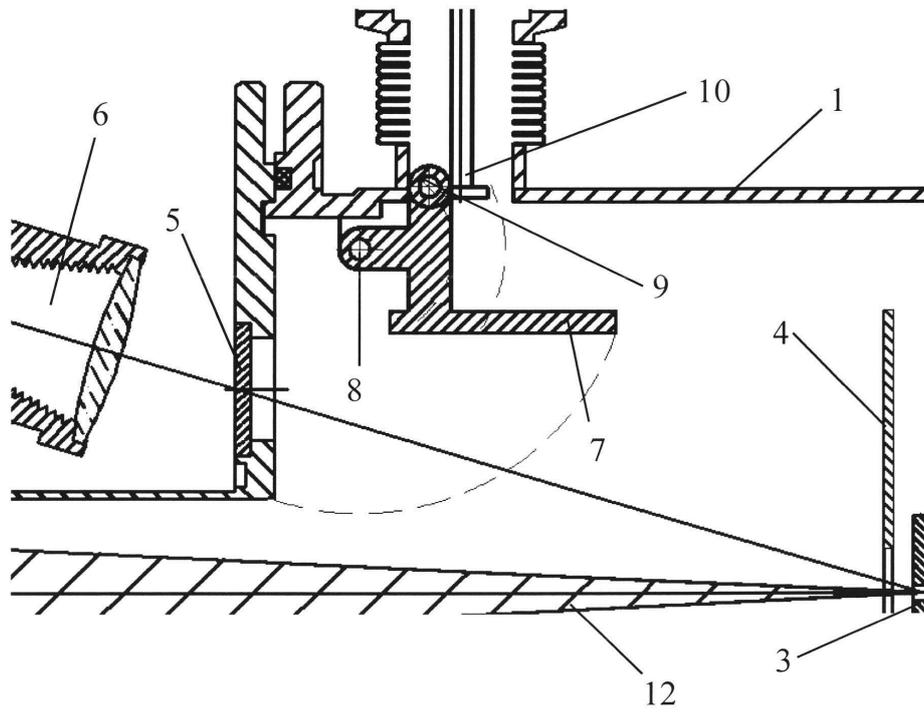
45

1

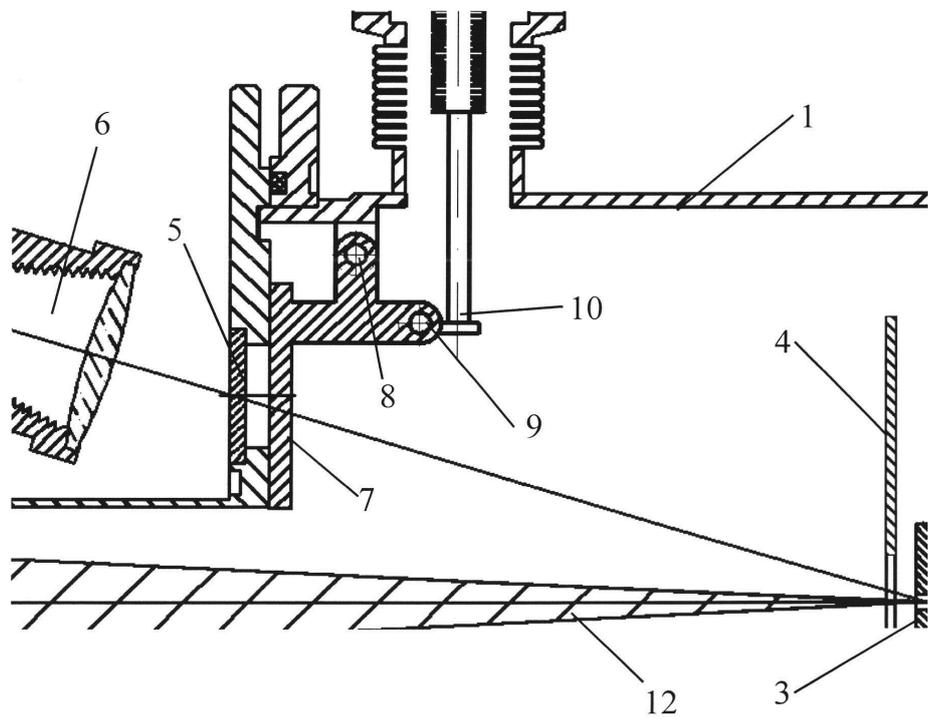


Фиг.1

2



Фиг. 2



Фиг. 3