РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2532649

ПАНКРАТИЧЕСКАЯ ФОКУСИРУЮЩАЯ СИСТЕМА

Патентообладатель(ли): ***федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики" (RU)***

Автор(ы): ***см. на обороте***

Заявка № **2012158372**

Приоритет изобретения **29 декабря 2012 г.**

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации ***10 сентября 2014 г.***

Срок действия патента истекает **29 декабря 2032 г.**

Врио руководителя Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Л.Л. Кирий

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ (РОСПАТЕНТ) ИНН 7730176088 КПП 773001001 ОГРН 1047730015200

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(19) **RU** (11) **2 532 649** (13) **C2**

(51) МПК
G02B 27/16 (2006.01)
H01S 3/23 (2006.01)
B23K 26/067 (2006.01)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: **2012158372/28, 29.12.2012**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
29.12.2012

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: **29.12.2012**

(43) Дата публикации заявки: **10.07.2014** Бюл. № **19**

(45) Опубликовано: **10.11.2014** Бюл. № **31**

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **US 6038279 A, 14.03.2000, . US 2004022295 A1, 05.02.2004, . GB 1367922 A, 25.09.1974, . WO 9426010 A2, 10.11.1994. RU 2199729 C1, 27.02.2003, . RU 2398665 C1, 10.09.2010**

Адрес для переписки:
197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49, НИУ ИТМО, ОИС и НТИ

(72) Автор(ы):
Васильев Владимир Николаевич (RU),
Гримм Вячеслав Антонович (RU),
Смирнов Сергей Александрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики" (RU)

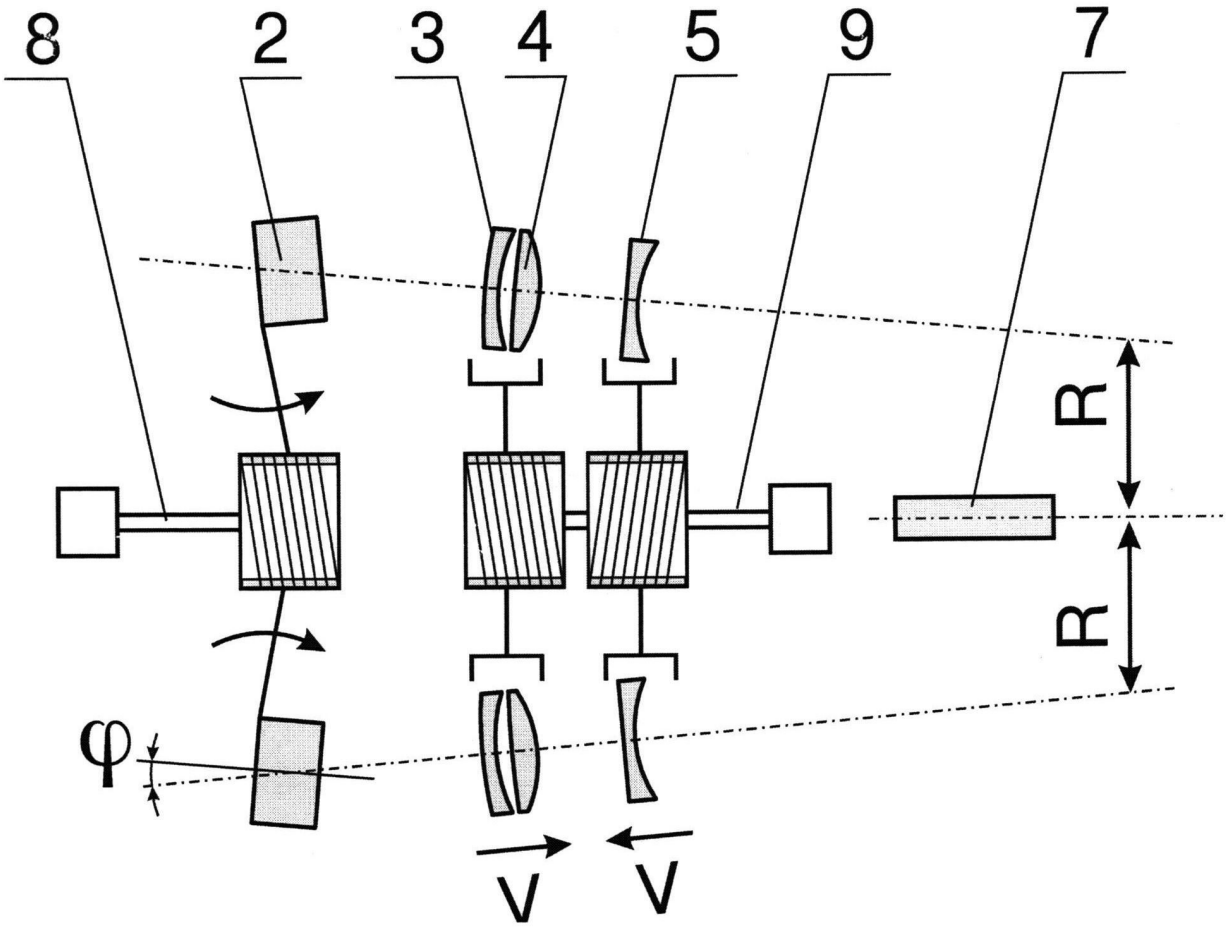
(54) ПАНКРАТИЧЕСКАЯ ФОКУСИРУЮЩАЯ СИСТЕМА

(57) Реферат:

Изобретение может быть использовано при создании мощных лазерных систем для фокусировки излучения на удаленные мишени. Система включает первый объектив, первый и второй линзовые компоненты которого установлены с возможностью перемещения вдоль оптической оси объектива. Третий линзовый компонент установлен неподвижно. Система включает дополнительный лазер и, по меньшей мере, один дополнительный, идентичный первому, объектив, расположенные таким образом, что оптические оси лазера и всех объективов пересекаются в одной точке. Расстояния от оптической оси лазера до оптических осей объективов одинаковы. Каждый объектив дополнительно включает плоскопараллельную пластину, установленную перед первым компонентом с возможностью поворота вокруг оси, перпендикулярной меридиональной плоскости системы. Все оптические компоненты объективов выполнены из кварцевого стекла. Плоскопараллельные пластины, первые и вторые компоненты объективов кинематически синхронизированы друг с другом. Технический результат - повышение точности настройки параметров лазерного излучения на мишени при одновременном увеличении передаваемой мощности излучения, повышение надежности и расширение его технологических возможностей. 3 ил.

RU 2532649 C2

RU 2532649 C2



ФИГ. 2

RU 2532649 C2

RU 2532649 C2

RUSSIAN FEDERATION

FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(19) **RU** (11) **2 532 649** (13) **C2**

(51) Int. Cl.
G02B 27/16 (2006.01)
H01S 3/23 (2006.01)
B23K 26/067 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: **2012158372/28, 29.12.2012**

(24) Effective date for property rights:
29.12.2012

Priority:
(22) Date of filing: **29.12.2012**

(43) Application published: **10.07.2014** Bull. № **19**

(45) Date of publication: **10.11.2014** Bull. № **31**

Mail address:
197101, Sankt-Peterburg, Kronverkskij pr., 49, NIU ITMO, OIS i NTI

(72) Inventor(s):
Vasil'ev Vladimir Nikolaevich (RU),
Grimm Vjacheslav Antonovich (RU),
Smirnov Sergej Aleksandrovich (RU)

(73) Proprietor(s):
federal'noe gosudarstvennoe avtonomnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovanija "Sankt-Peterburgskij natsional'nyj issledovatel'skij universitet informatsionnykh tekhnologij, mekhaniki i optiki" (RU)

(54) PANCRATIC FOCUSING SYSTEM

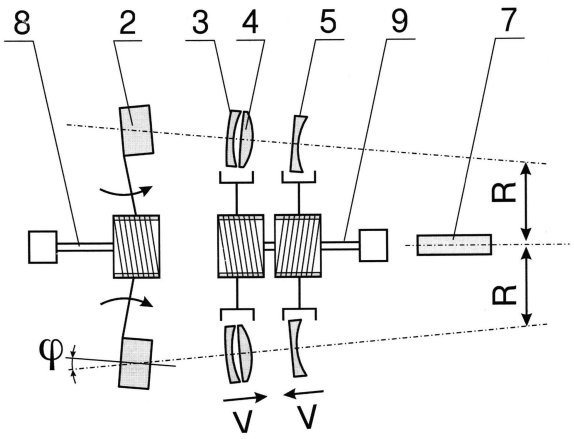
(57) Abstract:

FIELD: physics, optics.

SUBSTANCE: invention can be used in making high-power laser systems for focusing radiation at remote targets. The system includes a first lens, the first and second lens components of which are capable of moving along the optical axis of the lens. A third lens component is immovably mounted. The system includes an additional laser and at least one additional lens, which is identical to the first, arranged such that optical axes of the laser and all lenses cross at one point. The distances from the optical axis of the laser to optical axes of the lenses are equal. Each lens further includes a plane-parallel plate placed in front of the first component such that it is able to turn about an axis perpendicular to the meridian plane of the system. All optical components of the lenses are made of quartz glass. The plane-parallel plates, first and second lens components are kinematically synchronised with each other.

EFFECT: high accuracy of adjusting parameters of laser radiation at a target while simultaneously increasing the transmitted radiation power, high reliability and broader technical capabilities.

3 dwg



ФИГ. 2

RU 2532649 C2

RU 2532649 C2

Изобретение относится к оптическому приборостроению и может быть использовано при создании мощных лазерных систем для фокусировки лазерного излучения на удаленные мишени.

Одним из важных аспектов разработки технологии дистанционной обработки материалов лазерным излучением, в частности, лазерной резки металлов на расстояниях в несколько десятков метров от источника является создание панкратической фокусирующей системы, способной обеспечить фокусировку лазерного излучения на необходимой дистанции в предельно малое световое пятно, причем не от одного источника, мощность которого может быть недостаточной для эффективного разрушения мишени, а от нескольких источников с точным сведением лазерных пучков. В качестве мощных лазеров, пригодных для указанных технологических применений, выступают лазеры, генерирующие излучение мощностью в несколько киловатт. Технология дистанционной резки металлов незаменима, например, в случаях возникновения аварии и пожара на фонтанирующей газовой скважине. Для ликвидации аварии необходимо, как правило, провести комплекс работ по резке поврежденного оборудования и металлоконструкций. Специфика этих работ заключается в высокой температуре пространства, окружающего область горящего факела. В данных условиях применение обычных аппаратов для резки металла в непосредственной близости от места аварии затруднительно и небезопасно. Поэтому возникает необходимость использования лазерной резки, так как это позволяет проводить работы, находясь на безопасном расстоянии от области с высокой температурой. Оптическая система, предназначенная для доставки излучения от источника(ов) к области обработки, должна быть простой, надежной, обеспечивать пятно фокусировки на мишени с размерами, близкими к дифракционному пределу, и не быть подверженной перепадам температур, возникающим при работе мощных лазерных источников и в результате воздействия факторов окружающей среды.

Известен трехкомпонентный варифокальный объектив (патент США №3937562, G02B 15/00, опубл. 10.02.1976), включающий три установленных по ходу луча оптических компонента. Фронтальный компонент обладает положительной силой и выполнен с возможностью перемещения вдоль оптической оси объектива. Промежуточный компонент обладает отрицательной оптической силой и выполнен с возможностью перемещения вдоль оптической оси объектива. Задний компонент обладает положительной оптической силой и выполнен неподвижным. Задний компонент включает пять линз, из которых все, кроме второй, выполнены в виде синглетов и все, кроме третьей, обладают положительной оптической силой.

Данный объектив непригоден для использования в системах фокусировки мощного лазерного излучения.

Известен объектив с плавным изменением фокусного расстояния (А.С. СССР №720395, G02B 15/14, опубл. 05.03.1980), содержащий компонент с постоянным фокусным расстоянием, два коллектива и оборачивающую систему, расположенную между коллективами с возможностью перемещения вдоль оптической оси. В данном объективе коллективы расположены во внефокальных областях и установлены с возможностью перемещения вдоль оптической оси в направлении, противоположном направлению перемещения оборачивающей системы с одинаковой скоростью, в 6-10 раз меньшей скорости перемещения оборачивающей системы.

Известна формирующая система для лазерного излучения (А.С. СССР №1755242, G02B 15/163, опубл.15.08.1992), включающая три компонента, причем первый компонент выполнен в виде двояковогнутой линзы и установлен с возможностью перемещения

вдоль оптической оси. Второй компонент содержит две положительные и расположенную между ними отрицательную линзы, обладает положительной оптической силой и установлен с возможностью перемещения вдоль оптической оси. Третий компонент состоит из двух линз, первая из которых положительная, а вторая выполнена в виде отрицательного мениска, обращенного вогнутостью к предмету. Фокусное расстояние первого компонента F_1 составляет -(0.09-0.15)F_3, а второго компонента F_2 - (0.9-1.1)F_3, где F_3 - фокусное расстояние третьего компонента. Во втором компоненте радиусы кривизны смежных поверхностей первой положительной и отрицательной линз составляют 0.25-0.35 фокусного расстояния F_2, а их отношение не превышает 1.2, причем отрицательная и вторая положительная линзы изготовлены из материалов с разностью показателей преломления не более 0.04-0.07 и разностью коэффициентов дисперсий не менее 22-27.

Известна формирующая оптическая система для лазерного излучения (патент РФ №67296, G02B 15/173, опубл. 10.10.2007), включающая три компонента, первый и второй из которых по ходу луча выполнены с оптическими силами противоположного знака и установлены с возможностью перемещения вдоль оптической оси, а третий компонент выполнен фокусирующим с положительной оптической силой. Третий фокусирующий компонент выполнен в виде одиночной линзы, первый компонент выполнен с положительной оптической силой и состоит по меньшей мере из одной собирающей - выпуклой линзы, а второй компонент выполнен с отрицательной оптической силой и состоит по меньшей мере из одной рассеивающей - вогнутой линзы.

Наиболее близким по технической сущности к заявляемому изобретению и принятым за прототип является устройство для фокусировки излучения лазера (патент РФ №2398665, B23K 26/073, опубл. 10.09.2010), включающий три компонента, первый и второй из которых по ходу луча установлены с возможностью перемещения вдоль оптической оси, первый и третий по ходу луча выполнены с положительной оптической силой, а второй выполнен с отрицательной оптической силой.

Недостатком прототипа является ограниченная функциональная пригодность, обусловленная отсутствием возможности его использования для фокусировки излучения многоканального лазера, и низкая долговременная стабильность термооптических характеристик.

Технический результат заявляемого изобретения состоит в повышении точности настройки параметров лазерного излучения на мишени при одновременном увеличении передаваемой мощности излучения, а также в повышении надежности устройства для фокусировки излучения многоканального лазера и расширении его технологических возможностей.

Сущность изобретения состоит в том, что панкратическая фокусирующая система включает лазер наведения и по меньшей мере два одинаковых объектива, расположенных таким образом, что их оптические оси пересекают оптическую ось лазера наведения в одной точке, а расстояния от оптической оси лазера наведения до оптических осей объективов одинаковы, причем каждый объектив состоит из последовательно расположенных по ходу луча плоскопараллельной пластины, установленной с возможностью поворота вокруг оси, перпендикулярной меридиональной плоскости панкратической фокусирующей системы, и трех линзовых компонентов, первый из которых содержит последовательно расположенные отрицательную и положительную линзы и установлен с возможностью перемещения вдоль оптической оси объектива, второй - выполнен в виде отрицательной линзы и

установлен с возможностью перемещения вдоль оптической оси объектива, а третий - выполнен в виде положительной линзы и установлен неподвижно. Плоскопараллельные пластины, первые и вторые линзовые компоненты объективов кинематически синхронизированы друг с другом. Вход каждого объектива оптически сопряжен с выходной плоскостью каждого из каналов лазера. При этом все оптические компоненты объективов выполнены из кварцевого стекла.

Сущность изобретения поясняется чертежами. На фиг.1 показана оптическая схема заявляемой системы, на фиг.2 - элементы ее кинематической схемы, а на фиг.3 - зависимость отклонения центра лазерного пятна на мишени от оси лазера наведения в зависимости от дистанции фокусировки, выраженная в абсолютных единицах (фиг.3а) и в процентном отношении к размеру пятна (фиг.3б).

На фиг.1 показаны: 1 - плоскость выходного окна многоканального лазера, 2 - плоскопараллельная пластина, 3, 4 - отрицательная и положительная линзы первого линзового компонента объектива, 5 - второй линзовый компонент объектива, 6 - третий линзовый компонент объектива, 7 - лазер наведения.

На фиг.2. дополнительно показаны 8 - привод синхронного поворота плоскопараллельных пластин во всех объективах, входящих в заявляемую систему, и 9 - привод синхронного перемещения первых и вторых линзовых компонентов объективов.

Пример наилучшей технической реализации заявляемой панкратической фокусирующей системы имеет следующие параметры: длина волны излучения λ=1.071 мкм, дистанции фокусировки L=29.5-75 м, количество объективов N=3. Объективы расположены на окружности радиусом R=127.2 мм с разворотом в меридиональной плоскости на 10.5 угловых минуты к оси лазера наведения. Оси объективов сведены в точку, отстоящую от выходных окон объективов на расстояние 41.72 м. Фокусные расстояния линзовых компонентов объектива, рассчитанных для кварцевого стекла, равны F_I=103.1 мм, F_{II}=-121.8ММ и F_{III}=953.4 мм соответственно. В качестве лазера наведения предлагается использовать лазер, генерирующий излучение в видимом диапазоне спектра.

В таблице 1 приведены расчетные значения дистанций фокусировки и соответствующие конструктивные параметры объективов, а именно: расстояние D5 от опорной плоскости объектива до его первого линзового компонента, расстояние D9 между первым и вторым линзовыми компонентами, расстояние D11 между вторым и третьим линзовыми компонентами объектива.

Таблица 1

Дистанция фокусировки, мм	Переменные воздушные промежутки, мм		
	D5	D9	D11
29476.6	21.6	10	795
29814.7	21.44	10.32	794.84
30518.1	21.12	10.96	794.52
31259.9	20.8	11.6	794.2
32043.5	20.48	12.24	793.88
32872.2	20.16	12.88	793.56
33750	19.84	13.52	793.24
34681.5	19.52	14.16	792.92
35671.4	19.2	14.8	792.6
36725.6	18.88	15.44	792.28
37850.2	18.56	16.08	791.96
39052.5	18.24	16.72	791.64
40340.7	17.92	17.36	791.32
41724.2	17.6	18	791
43214	17.28	18.64	790.68
44822.5	16.96	19.28	790.36
46564.4	16.64	19.92	790.04
48456.9	16.32	20.56	789.72
50520.1	16	21.2	789.4

Дистанция фокусировки, мм	Переменные воздушные промежутки, мм		
	D5	D9	D11
52778	15.68	21.84	789.08
55259.5	15.36	22.48	788.76
57999	15.04	23.12	788.44
61038.9	14.72	23.76	788.12
64431	14.4	24.4	787.8
68240	14.08	25.04	787.48
72547.5	13.76	25.68	787.16
74919.5	13.6	26	787

Все компоненты объективов выполнены из материала с высокими термооптическими характеристиками (кварцевого стекла) при сохранении минимального количества самих компонентов.

Заявляемое изобретение работает следующим образом.

Перед началом работы оптический вход каждого объектива фокусирующей системы оптически сопрягают с выходом каждого из каналов многоканального лазера. Включают лазер наведения 7 и по его лучу ориентируют объективы в пространстве таким образом, чтобы излучение многоканального лазера после их прохождения было направлено в сторону облучаемой мишени. При перефокусировке с меньшей на большую дистанцию первый линзовый компонент каждого объектива синхронно с первыми линзовыми компонентами остальных объективов движется к лазеру, второй - в противоположную сторону с той же скоростью, что и первый, а третий остается на месте. Сведение и фокусировка пучков излучения многоканального лазера в одну точку, расположенную на оси лазера наведения 7, достигаются синхронным поворотом плоскопараллельных кварцевых пластин 2. Все переменные параметры объективов определяются независимой переменной t:

φ=-9+18t (угл. град),

D5=21.6-8t (мм),

D9=10+16t (мм),

D11=795-8t (мм),

Поворот плоскопараллельных пластин 2 определен для рабочего интервала дистанций и соответствует значениям переменной t=0, …, 1.0, при этом дистанция фокусировки принимает значения от 29.5 м до 75 м. Вне рабочего интервала угол поворота равен 0. При значении t=1.585 объективы фокусируются на бесконечность. Численные величины заднего отрезка объективов получены для значений параметра t=-0.5, …, 1.6. В этом же интервале значений определены величины воздушных промежутков между компонентами.

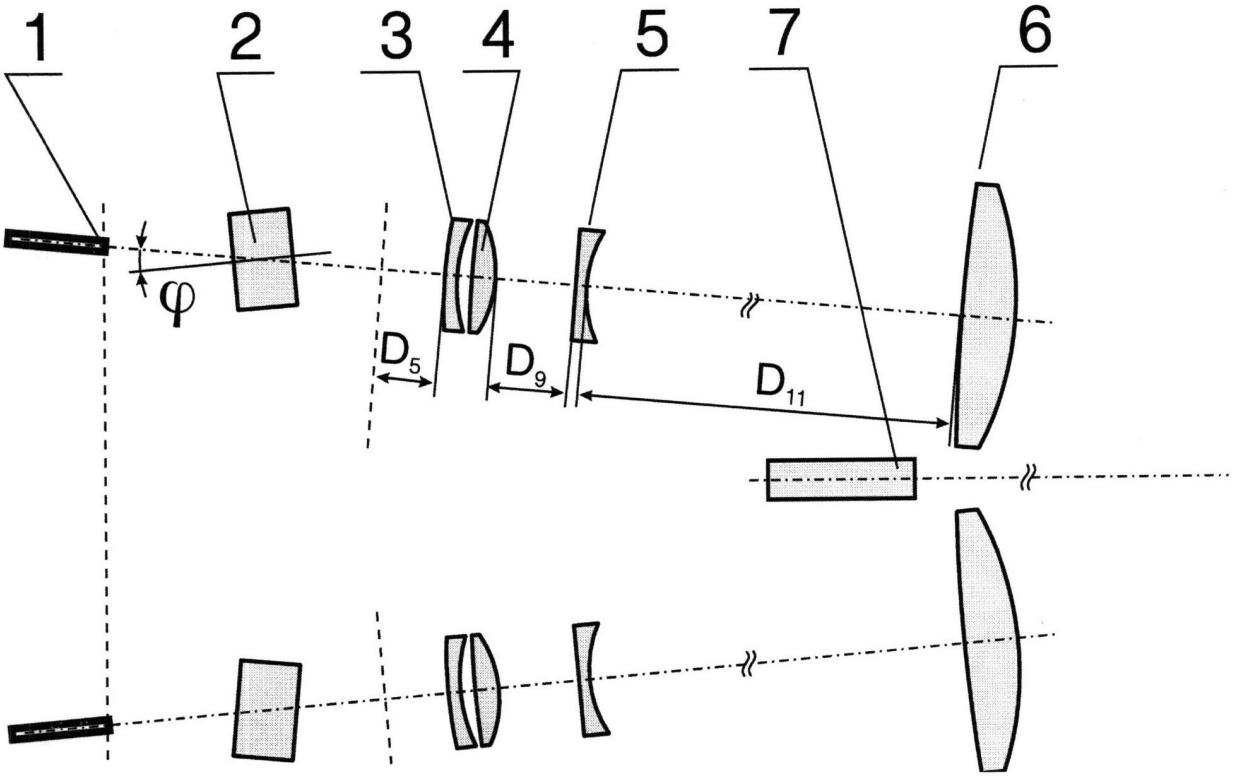
Качество изображения объективов в диапазоне изменения t [-0.5; 1.6] при угле поворота плоскопараллельной пластины φ=0 дифракционное, а RMS волнового фронта

составляет менее 0.07 λ.

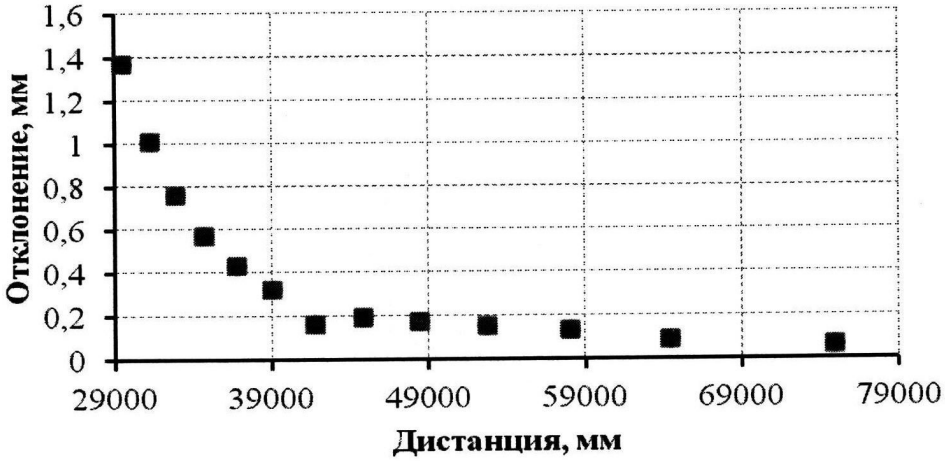
Таким образом, совокупность признаков, указанных в формуле изобретения, обеспечивает в заявляемом изобретении достижение технического результата, а именно повышение точности настройки параметров лазерного излучения на мишени при одновременном увеличении передаваемой мощности излучения, а также повышение надежности устройства для фокусировки излучения многоканального лазера и расширение его технологических возможностей. Расчетным путем доказано, что предложенная система способна обеспечить высокую эффективность лазерной резки на расстояниях в несколько десятков метров от многоканального лазера.

Формула изобретения

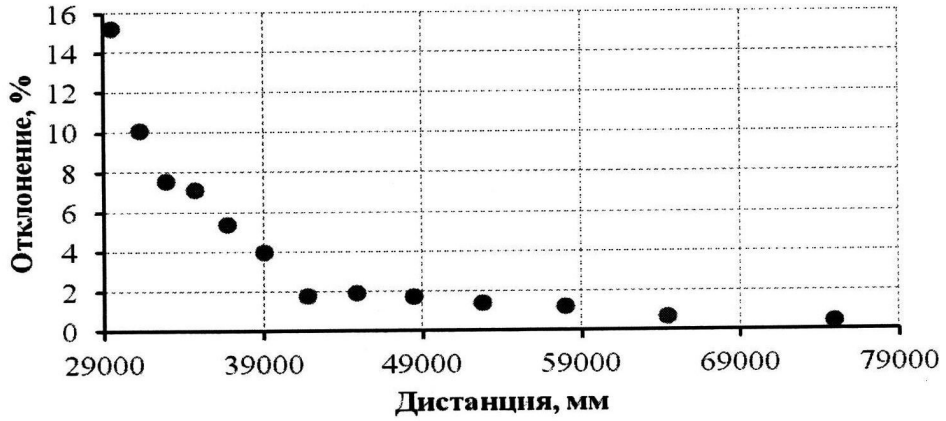
Панкратическая фокусирующая система, включающая первый объектив, состоящий из трех линзовых компонентов, установленных последовательно вдоль оптической оси объектива, причем первый линзовый компонент содержит последовательно расположенные отрицательную и положительную линзы и установлен с возможностью перемещения вдоль оптической оси объектива, второй линзовый компонент выполнен в виде отрицательной линзы и установлен с возможностью перемещения вдоль оптической оси объектива, а третий линзовый компонент выполнен в виде положительной линзы и установлен неподвижно, отличающаяся тем, что панкратическая фокусирующая система включает дополнительный лазер и, по меньшей мере, один дополнительный идентичный первому объектив, расположенные таким образом, что оптические оси лазера и всех объективов пересекаются в одной точке, расстояния от оптической оси лазера до оптических осей объективов одинаковы, каждый объектив дополнительно включает плоскопараллельную пластину, установленную перед первым компонентом с возможностью поворота вокруг оси, перпендикулярной меридиональной плоскости панкратической фокусирующей системы, причем все оптические компоненты объективов выполнены из кварцевого стекла, а плоскопараллельные пластины, первые и вторые компоненты объективов кинематически синхронизированы друг с другом.


1
2
3
4
5
7
6
φ
D5
D9
D11

ФИГ. 1


Отклонение, мм
1,6
1,4
1,2
1
0,8
0,6
0,4
0,2
0
29000
39000
49000
59000
69000
79000
Дистанция, мм

а)


Отклонение, %
16
14
12
10
8
6
4
2
0
29000
39000
49000
59000
69000
79000
Дистанция, мм

б)

ФИГ. 3