



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

H01S 3/097 (2024.08); H05H 1/24 (2024.08)

(21)(22) Заявка: 2024110391, 16.04.2024

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
16.04.2024Дата регистрации:
17.09.2024

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 16.04.2024

(45) Опубликовано: 17.09.2024 Бюл. № 26

Адрес для переписки:

119526, Москва, пр-т Вернадского, 101, корп. 1,
ИПМех РАН, пат. отдел, Храмцова Елена
Георгиевна, пат. пов. рег. ном.1079

(72) Автор(ы):

Лаврентьев Сергей Юрьевич (RU),
Соловьев Николай Германович (RU),
Котов Михаил Алтаевич (RU),
Шемякин Андрей Николаевич (RU),
Якимов Михаил Юрьевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

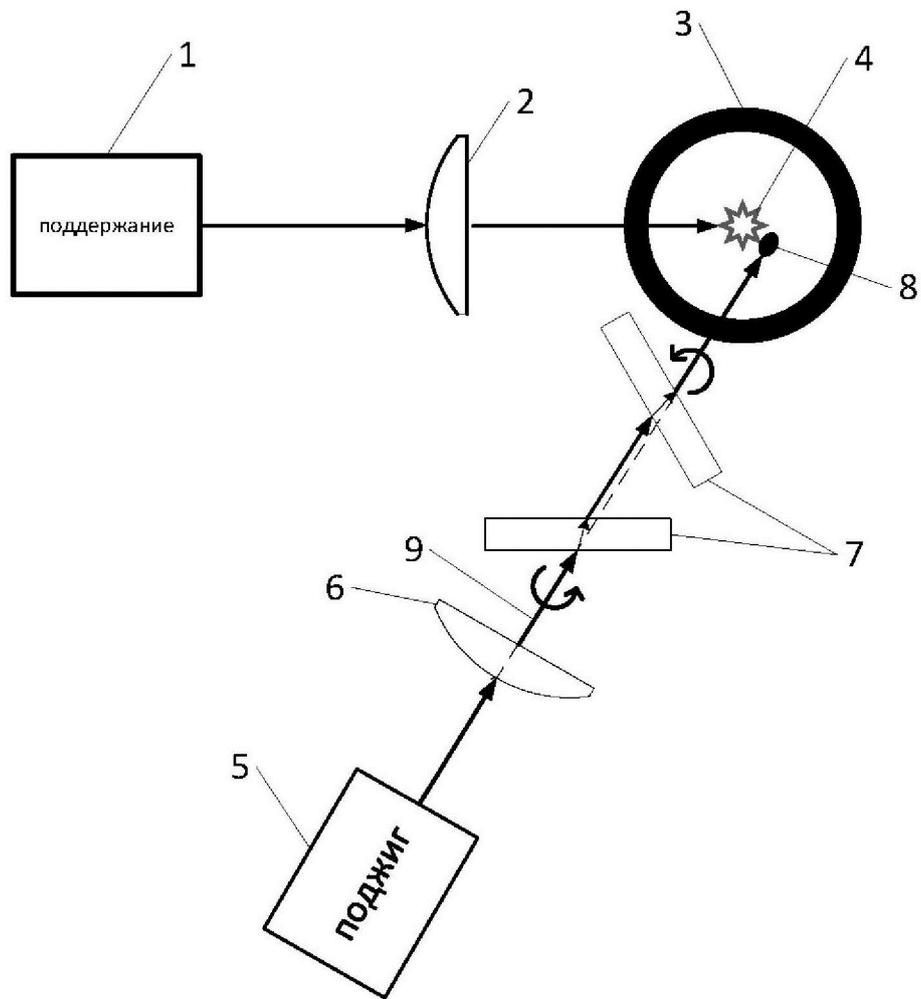
Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки Институт проблем
механики им. А.Ю. Ишлинского Российской
академии наук РАН (ИПМех РАН) (RU)(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2815740 C1, 21.03.2024. RU
2812336 C1, 30.01.2024. RU 2738462 C1,
14.12.2020. RU 2548372 C2, 20.04.2015. US
7435982 B2, 14.10.2008.

(54) Способ безэлектродного поджига оптического разряда

(57) Реферат:

Изобретение относится к области лазерных технологий. Способ безэлектродного поджига оптического разряда заключается в пробое газа с образованием плазменной области, осуществляющемся путем фокусировки излучения поддерживающего и поджигающего лазеров в разрядной камере, при этом излучение поджигающего лазера фокусируют линзой и

пропускают через две плоскопараллельные пластинки, наклоненные к лучу поджигающего лазера таким образом, чтобы попасть фокусом в область поджигаемого оптического разряда, плоскопараллельные пластинки вращают вокруг оси поджигающего луча с разной частотой. Технический результат - сокращение времени поджига оптического разряда. 3 ил.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
H01S 3/097 (2006.01)
H05H 1/24 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
H01S 3/097 (2024.08); H05H 1/24 (2024.08)

(21)(22) Application: **2024110391, 16.04.2024**

(24) Effective date for property rights:
16.04.2024

Registration date:
17.09.2024

Priority:
(22) Date of filing: **16.04.2024**

(45) Date of publication: **17.09.2024** Bull. № 26

Mail address:
**119526, Moskva, pr-t Vernadskogo, 101, korp. 1,
IPMekh RAN, pat. otdel, Khramtsova Elena
Georgievna, pat. pov. reg. nom.1079**

(72) Inventor(s):
**Lavrentev Sergei Iurevich (RU),
Solovev Nikolai Germanovich (RU),
Kotov Mikhail Altaevich (RU),
Shemiakin Andrei Nikolaevich (RU),
Iakimov Mikhail Iurevich (RU)**

(73) Proprietor(s):
**Federalnoe gosudarstvennoe biudzhethnoe
uchrezhdenie nauki Institut problem mekhaniki
im. A.Iu. Ishlinskogo Rossiiskoi akademii nauk
RAN (IPMekh RAN) (RU)**

(54) **METHOD OF ELECTRODELESS IGNITION OF OPTICAL DISCHARGE**

(57) Abstract:
FIELD: laser technologies.
SUBSTANCE: method of electrodeless ignition of optical discharge consists in gas breakdown with formation of plasma region, carried out by focusing radiation of supporting and igniting lasers in discharge chamber, wherein radiation of igniting laser is focused by lens and passed through two plane-parallel plates

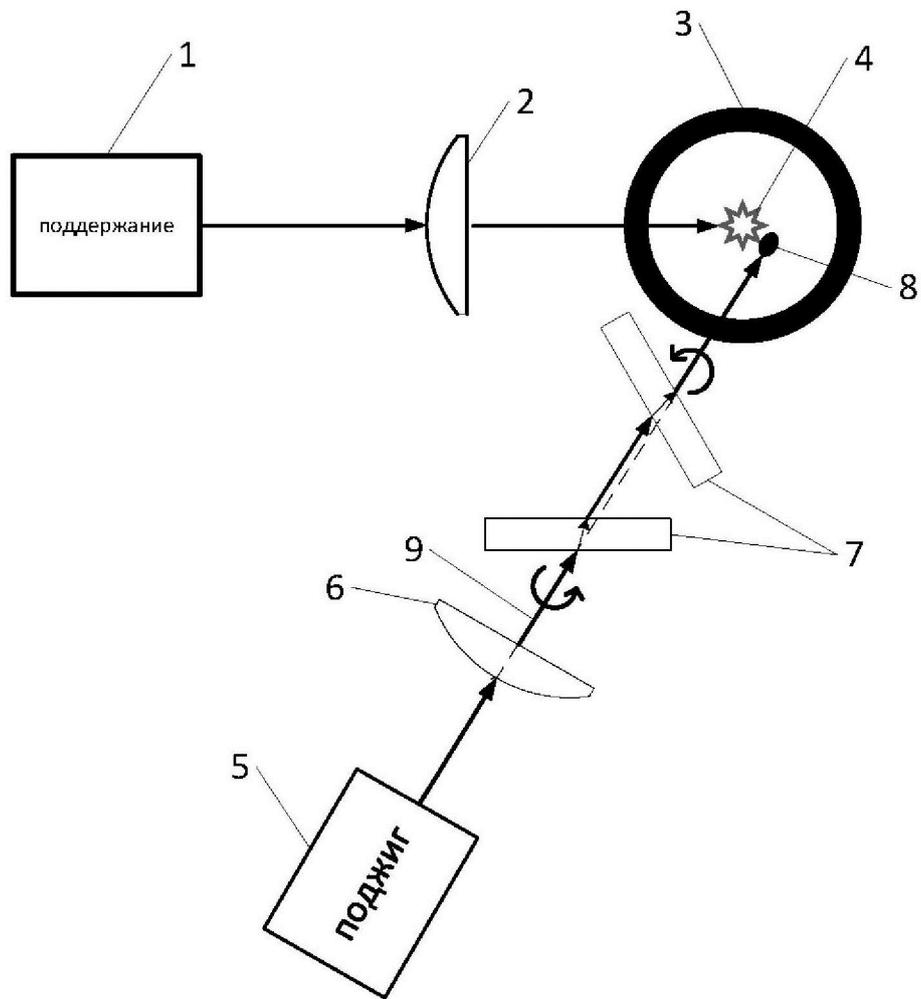
inclined to igniting laser beam so as to get with focus into area of ignited optical discharge. Plane-parallel plates are rotated around axis of igniting beam with different frequency.

EFFECT: reduction of optical discharge ignition time.

1 cl, 3 dwg

RU 2 826 811 C1

RU 2 826 811 C1



Фиг. 1

Предлагаемое изобретение относится к области лазерных технологий.

Для поддержания непрерывного оптического разряда интенсивность сфокусированного лазерного излучения в области фокуса должна превышать пороговую - порядка $5 \cdot 10^5$ Вт/см², а для первичной инициации - превышать пробойную порядка 10^{10} - 10^{11} Вт/см² в ксеноне при высоком давлении. Пробойная интенсивность излучения на порядки превышает пороговую и требует применения очень мощных лазеров непрерывного излучения (мощность непрерывного излучения должна превышать 100 кВт). Применяются схемы поддержания оптических разрядов, при которых интенсивность поддерживающего излучения превышает пороговую, но существенно ниже пробойной (это позволяет использовать распространенные лазеры умеренной мощности от 50 Вт и выше), а поджиг оптического разряда осуществляется дополнительным оборудованием.

Известен электродный способ-аналог поджига оптического разряда. Например, описанный в патенте на изобретение (RU 2781365, МПК G01P15/00, приоритет 08.02.2022) способ, при котором первоначальный поджиг оптического разряда осуществляют внешним импульсом напряжения, превышающим пробойное, поданным между двумя металлическими электродами, расположенными в области фокуса поддерживающего лазера.

К недостаткам данного способа следует отнести эрозию электродов, при которой микрочастицы электродов оседают на окна камеры или лампы, в которой поддерживается оптический разряд. При этом проницаемость окон камеры или лампы для поддерживающего лазерного излучения и выводимого полезного широкополосного излучения плазмы оптического разряда снижается, снижая общую эффективность источника излучения. При критическом уровне эрозии электродов поджиг становится невозможным, что накладывает ограничения на ресурс использования электродов.

Известен способ-прототип (RU 2548372, МПК H01S 3/097, H05H 1/00, приоритет: 19.07.2010) поджига оптического разряда, заключающийся в острой фокусировке объективом излучения короткоимпульсного лазера. Этот способ лишен недостатков способа-аналога, но имеет недостатки при реализации. В описании прототипа не приведен способ совмещения фокусов поджигающего и поддерживающего лучей лазеров, но из уровня техники известно, что это делается вручную с помощью юстировочных винтов элементов оптического тракта. При мощностях поддерживающего непрерывного лазера порядка 50-100 Вт и поджигающего импульсного лазера порядков 10-100 кВт (в импульсе) фокальные пятна лучей лазеров имеют линейный размер порядка 100 микрон и для поджига разряда их необходимо свести в одной точке пространства камеры или лампы высокого давления. Даже при точном расчете оптического тракта минимальные люфты в резьбовых соединениях юстировочных элементов, а также различные допуски (при изготовлении элементов оптического тракта) не позволят получить точность позиционирования фокуса выше 0,5-1 мм. Фокус поддерживающего луча не видно до поджига оптического разряда и сведение фокусов на практике является длительным процессом. Также ручная юстировка лазерного луча высокой мощности является опасным процессом и требует дополнительных мер безопасности.

Во время горения оптического разряда и прохождения лазерного излучения через элементы оптического тракта неизбежно происходят температурные расширения и сжатия фокусирующих элементов при нагреве и остывании. Сдвига фокуса поджигающего лазера относительно фокуса поддерживающего лазера даже на десятые доли миллиметра достаточно для того, чтобы поджиг оптического разряда был

невозможен. В случае с портативными источниками излучения добавляются еще механические вибрации, возникающие при транспортировке/переноске и приводящие к разбюстировке. Таким образом, перед каждым запуском источника излучения на основе оптического разряда приходится подстраивать фокус. При использовании таких источников излучения на производстве будет снижаться производительность линии (например при дефектоскопии в литографическом процессе при производстве микросхем), а при использовании в физических экспериментах экспериментатор теряет время каждый день подстраивая фокус. При использовании электродного поджига образуется достаточно толстая дуга, но недостатки этого способа приведены выше.

Заявляемый способ безэлектродного поджига оптического разряда направлен на устранение недостатков прототипа, а именно упрощает и ускоряет процесс совмещения фокусов поддерживающего и поджигающего лучей лазеров при поджиге оптического разряда, что приводит к значительному сокращению времени поджига до нескольких секунд.

Указанный результат достигается тем, что в способе безэлектродного поджига оптического разряда, заключающемся в пробое газа с образованием плазменной области, осуществляющемся путем фокусировки излучения поддерживающего и поджигающего лазеров в разрядной камере, излучение поджигающего лазера фокусируют линзой и пропускают через две плоскопараллельные пластинки, наклоненные к лучу поджигающего лазера, таким образом, чтобы попасть фокусом в область поджигаемого оптического разряда, плоскопараллельные пластинки вращают вокруг оси поджигающего луча с разной частотой.

Сущность заявляемого изобретения поясняется примером его реализации и графическими материалами.

На фиг. 1 показана схема реализации способа безэлектродного поджига оптического разряда в начальный момент времени.

На фиг. 2 показана схема реализации способа безэлектродного поджига оптического разряда при повороте одной плоскопараллельной пластинки относительно второй на 180 градусов.

На фиг. 3 - показан пример заполнения фокальной плоскости фокальными перетяжками при импульсном поджигающем лазере.

Изобретение работает следующим образом. Лазерное излучение поддерживающего лазера 1 фокусируют линзой 2 внутри герметичной камеры 3, способной пропускать как лазерное излучение для поджига и поддержания плазмы оптического разряда 4, так и широкополосное выходное излучение самого оптического разряда 4. Лазерное излучение поджигающего лазера 5 фокусируют линзой 6 и пропускают через две плоскопараллельные пластинки 7 таким образом, чтобы попасть фокусом 8 в область поджигаемого оптического разряда 4. Достаточно попасть с точностью до 1 мм, что можно сделать способами, известными из уровня техники по предварительным расчетам оптической системы. Необходимая точность начального попадания зависит от ограничений в разрядной камере 3 (близость поджигаемого разряда к объектам в камере), а также от степени хроматической аберрации линзы 6, которая приводит к растягиванию вдоль луча лазера перетяжки фокуса 8. Плоскопараллельные пластинки 7 наклонены к лучу 9 поджигающего лазера 5. Для удобства в начальном положении плоскопараллельные пластинки 7 наклонены друг к другу, а к лучу 9 поджигающего лазера 5 наклонены на одинаковый угол (Фиг. 1). Таким образом, луч 9 сначала сместится в одну сторону, а потом в другую. При одинаковых пластинках 7 смещение луча 9 при прохождении через них будут на одну и ту же величину. При повороте одной

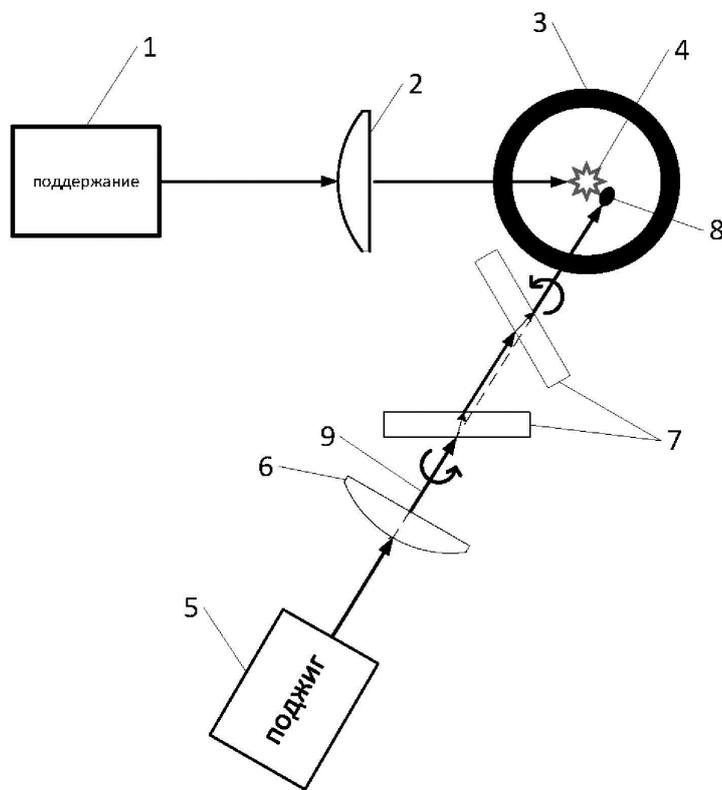
из пластинок 7 вокруг луча 9 поджигающего лазера 5 на 180 градусов плоскопараллельные пластинки 7 станут параллельны друг другу и смещение луча 9 будет двойное (Фиг. 2). При вращении одной плоскопараллельной пластинки относительно второй плоскопараллельной пластинки вокруг оси 9 поджигающего лазера 5 смещение луча 9 при прохождении через них будет меняться от нуля до максимального (определяемого наклоном плоскопараллельных пластинок 7, их толщиной и коэффициентом преломления материала, из которого они изготовлены). При синхронном вращении плоскопараллельных пластинок 7 вокруг оси 9 поджигающего лазера положение фокуса 8 поджигающего лазера 5 будет описывать круг в фокальной плоскости. Плоскопараллельные пластинки 7 вращают вокруг оси 9 из начального положения с разной частотой при этом положение фокуса 8 поджигающего лазера 5 описывает спираль 10 в фокальной плоскости (Фиг. 3). Частоты вращения плоскопараллельных пластинок 7, их угол наклона к оси 9 подбирают исходя из размера (сечения) фокуса 8 поджигающего лазера 5 при фокусировке линзой 6 таким образом, чтобы фокус 8, движущийся по спирали 10 покрывало фокальную плоскость без пропусков. При использовании поджигающего лазера 5 импульсного действия учитывают также частоту следования импульсов, чтобы покрывать фокальную плоскость без пропусков (Фиг. 3). Из-за сферической аберрации линзы 6 фокус 8 будет иметь вытянутую вдоль оптической оси форму и сдвигать линзу 6 вдоль ее оптической оси нет необходимости, чтобы попасть точно в область поджигаемого оптического разряда 4. В момент, когда перетяжка фокуса 8 совпадает с фокусом луча поддерживающего лазера 1 образуется облако плазмы оптического разряда 4, интенсивно поглощающей лазерное излучение. Далее плазму оптического разряда 4 поддерживают за счет поглощения излучения лазера 1, а поджигающий лазер 5 выключают.

Таким образом, достигается упрощение и ускорение процесса совмещения фокусов поддерживающего и поджигающего лучей лазеров и поджига оптического разряда по сравнению с ручной настройкой оптической системы для совмещения фокусов, что приводит к сокращению времени поджига оптического разряда.

(57) Формула изобретения

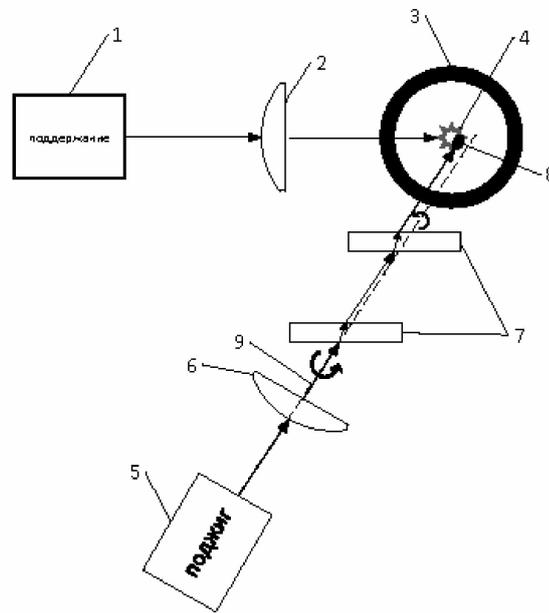
Способ безэлектродного поджига оптического разряда, заключающийся в пробое газа с образованием плазменной области, осуществляющемся путем фокусировки излучения поддерживающего и поджигающего лазеров в разрядной камере, отличающийся тем, что излучение поджигающего лазера фокусируют линзой и пропускают через две плоскопараллельные пластинки, наклоненные к лучу поджигающего лазера таким образом, чтобы попасть фокусом в область поджигаемого оптического разряда, плоскопараллельные пластинки вращают вокруг оси поджигающего луча с разной частотой.

1

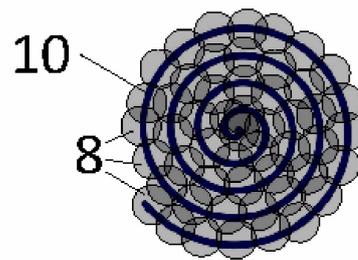


ФИГ. 1

2



Фиг. 2



Фиг. 3