



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2012118107/28, 04.05.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
04.05.2012

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 04.05.2012

(45) Опубликовано: 27.10.2013 Бюл. № 30

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2366930 C1, 10.09.2009. US 2006/0087651 A1, 27.04.2006. FR 2752617 A1, 27.02.1998. RU 2193781 C2, 27.11.2002. RU 231594 C1, 10.01.2008. US 4919536 A, 24.04.1990. JP 59230126 A, 24.12.1984.

Адрес для переписки:

107996, Москва, ул. Стромынка, 20, МГУПИ

(72) Автор(ы):

Банишев Александр Федорович (RU),
Банишев Александр Александрович (RU),
Банишева Галина Николаевна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
"Московский государственный университет
приборостроения и информатики" (RU)(54) СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ СКОРОСТИ РАЗЛЕТА И ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА
ГАЗОПЛАЗМЕННОГО ПОТОКА

(57) Реферат:

Изобретение относится к области оптико-спектральных измерений быстропротекающих процессов и может найти применение для измерения скорости разлета и элементного состава газоплазменных потоков, скорости разлета светящихся частиц и осколков при детонации и взрыве. С помощью оптической системы строится изображение разлетающегося газоплазменного потока и все измерения проводятся в плоскости оптического изображения. С помощью системы диафрагм и фотоприемников выделяют фрагменты изображения вдоль направления газоплазменного потока и по временным изменениям яркости фрагментов определяют скорость распространения потока. Элементный состав сепарированного по массам частиц газоплазменного потока

определяется в результате анализа временных изменений спектрального состава свечения фрагмента изображения газоплазменного потока, выделяемого с помощью оптоволоконного кабеля. Изобретение позволяет проводить измерения дистанционно и оперативно. 3 ил.

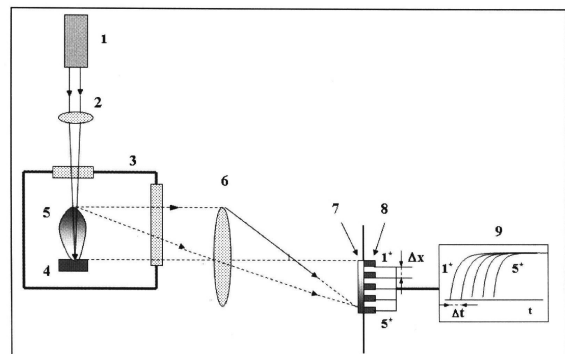


Рис. 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2012118107/28, 04.05.2012

(24) Effective date for property rights:
04.05.2012

Priority:

(22) Date of filing: 04.05.2012

(45) Date of publication: 27.10.2013 Bull. 30

Mail address:

107996, Moskva, ul. Stromynka, 20, MGUPI

(72) Inventor(s):

**Banishev Aleksandr Fedorovich (RU),
Banishev Aleksandr Aleksandrovich (RU),
Banisheva Galina Nikolaevna (RU)**

(73) Proprietor(s):

Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovaniya "Moskovskij gosudarstvennyj universitet priborostroeniya i informatiki" (RU)

(54) **METHOD TO MEASURE EXPANSION VELOCITY AND ELEMENT COMPOSITION OF GAS PLASMA FLOW**

(57) Abstract:

FIELD: measurement equipment.

SUBSTANCE: with the help of an optical system an image is built for an expanding gas-plasma flow, and all measurements are carried out in the plane of the optical image. With the help of a system of diaphragms and photodetectors they identify fragments of the image along the direction of the gas plasma flow, and by time variations of fragment brightness they determine speed of flow expansion. The element composition of the gas plasma flow separated by masses of particles is determined as a result of analysis of time variations of spectral composition of glow of the gas plasma flow image fragment identified with the help of a fibre optic cable.

EFFECT: invention makes it possible to perform measurements remotely and efficiently.

3 dwg

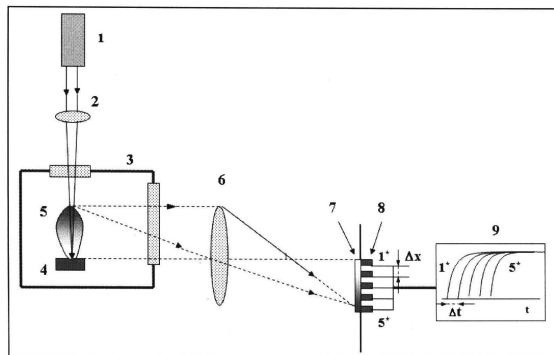


Рис. 1

RU 2 4 9 7 1 3 2 C 1

RU 2 4 9 7 1 3 2 C 1

Изобретение относится к области оптико-спектральных измерений быстропротекающих процессов, в частности к измерительной технике, и может найти применение для измерения скорости разлета и элементного состава газоплазменных потоков.

5 При проведении фундаментальных исследований и в ряде прикладных задач возникает потребность в измерении параметров быстропротекающих процессов, например скорости разлета и элементного состава газоплазменного потока (ионов, атомов, молекул) при воздействии мощного лазерного излучения на материалы, скорости распространения ударных волн и продуктов детонации в реагирующих средах, скорости разлета светящихся микрочастиц и осколков при взрыве и т.д..

Традиционно для контроля и измерения скорости разлета и состава газоплазменного потока используются методы масс-спектрометрии, зондовые методы и различные оптические и эмиссионные методы.

15 В работе (см. Н.А.Понькин («Что в имени твоём, масс-спектрометрия?» сайт Всероссийского масс-спектрометрического общества), <http://www.vmsso.ru/datadocs/Ponkin.pdf>) приведен подробный анализ различных методов масс-спектрометрии, на конкретных примерах показаны возможности их использования для диагностики сложных физико-химических процессов. Широкое использование нашли времяпролетные масс-спектрометры для измерения зарядового и массового состава ионов газоплазменных потоков (см., например, патент RU 2314594 C1, патент RU 2059982 C1)

25 Однако общим недостатком масс-спектрометрических методов, в том числе и времяпролетных, является то, что измерительный блок масспектрометра либо устройство ввода (забора) анализируемого вещества должны находиться непосредственно в разлетающемся газоплазменном потоке, что не всегда представляется возможным.

30 Аналогичные трудности возникают и при использовании зондовых методов, так как зонд также должен находиться непосредственно в разлетающемся газоплазменном потоке, что во-первых, вносит возмущения в исследуемый процесс, а во-вторых, это не всегда возможно.

35 В ряде конкретных случаев, более предпочтительными, а иногда и единственно возможными являются оптические и эмиссионные методы диагностики, так как они позволяют проводить дистанционные измерения, что особенно важно при исследовании высокотемпературных и реакционноспособных газоплазменных потоков.

40 Так, в работе (патент №2029307) был предложен способ измерения скорости и размеров частиц в потоке путем зондирования потока частиц лучом лазера с известной периодической пространственно-временной структурой. Приемной оптической системой выделялся свет, рассеянный частицами, и далее проводилась обработка рассеянного излучения. В результате соответствующей обработки 45 рассеянного излучения определяли значения скорости разлета частиц в потоке и их размеры.

Во многих случаях для определения скорости разлета газоплазменного потока используются эмиссионные методы диагностики. Эти методы позволяют 50 дистанционно по спектрам эмиссии и изменениям спектров эмиссии частиц при разлете определять состав и скорости разлета газоплазменного потока. Например, в работах (см. А.К. Шуайбов, М.П. Чучман, Л.Л. Шимон. Оптические характеристики и параметры лазерной плазмы сурьмы, ЖТФ, 2003, том 73, вып.4, стр.77-81; А.К.

Шуайбов, М.П. Чучман. Пространственное изменение характеристик эрозионной плазмы свинца при распространении лазерного факела от мишени, ЖТФ, том 76, вып.11, стр.61-65) методом эмиссионной спектроскопии определялись скорость разлета и температура лазерной плазмы.

5 Наиболее близким к предлагаемому изобретению по технической сущности и достигаемому результату (прототипом) является способ определения скоростей частиц в продуктах детонации и взрыва по тепловому излучению разлетающегося потока частиц предложенный в работе (см. патент №2193781). Способ заключается в
10 выделении теплового излучения частиц, измерении интенсивности теплового излучения частиц в сечениях, задаваемых фотоприемниками расположенными вдоль потока частиц на известном расстоянии друг от друга. По результатам измерения интенсивности и отношения интенсивностей теплового свечения на фотоприемниках проводят соответствующую обработку результатов, из которых определяют
15 интенсивность потока частиц, плотность потока частиц и скорость потока частиц. Недостатком данного способа является то, что измерения скорости проводятся по тепловому излучению потока частиц, представляющего собой широкополосное интегральное тепловое излучение всего газоплазменного потока. Этот способ не
20 позволяет выделять спектральные компоненты отдельных атомов и молекул в разлетающемся потоке и таким образом не позволяет дифференциально определять скорости их разлета.

Целью предлагаемого изобретения является разработка простого и информативного способа, позволяющего дистанционно и оперативно проводить
25 измерения скорости разлета и элементного состава светящегося в видимой области спектра газопламенного потока.

Цель достигается тем, что измерения проводятся не в самом газоплазменном потоке, а используется динамическое изображение разлетающегося газоплазменного
30 потока. Для этого с помощью оптической системы установленной на определенном расстоянии от разлетающегося газоплазменного потока формируют динамическое изображение. Все дальнейшие измерения проводятся с использованием динамического изображения газоплазменного потока.

Для измерения скорости разлета газоплазменного потока в плоскости изображения
35 устанавливается фотодиодная линейка, ориентированная вдоль направления разлета. Число фотодиодов и расстояние между ними может меняться в зависимости от конкретной задачи. По мере разлета газоплазменного потока свечение переднего фронта последовательно попадает на фотодиоды, расположенные на определенном
40 расстоянии Δx друг от друга. На фотодиодах с определенной временной задержкой Δt формируются сигналы, характеризующие временные изменения интенсивности (яркости) газоплазменного потока. Зная расстояние между фотодиодами Δx и время задержки Δt между сигналами, можно определить скорость разлета и изменение скорости разлета газоплазменного потока.

45 На рис.1 приведена конкретная схема для реализации предлагаемого способа измерения скорости разлета газоплазменного потока. Измеряется скорость разлета газоплазменного потока (эрозионного факела), возникающего при воздействии мощного лазерного импульса на мишень. Излучение лазера 1 с помощью линзы 2 фокусируется на мишень 4 (в данном случае керамика Y-Ba-Cu-O). Мишень находится
50 в вакуумной камере 3. При воздействии мощного лазерного импульса возникает разлетающийся от поверхности мишени светящийся эрозионный факел 5. С помощью оптической системы (в данном случае с помощью линзы 6) формируется оптическое

изображение эрозионного факела 7 за пределами вакуумной камеры. Для удобства измерений и проведения последующих расчетов оптическая линза устанавливается на двойном фокусном расстоянии от эрозионного факела, так чтобы размеры его изображения были такими же, как и у самого эрозионного факела. В плоскости
 5 изображения эрозионного факела устанавливается фотодиодная линейка, ориентированная вдоль направления разлета. Фотодиодная линейка содержит пять фотодиодов (1*-5*), расстояние между которыми $\Delta x=5$ мм. Перед фотодиодной линейкой установлен непрозрачный экран с отверстиями (диафрагмами) перед
 10 фотодиодами. Размеры отверстий (диафрагм) составляли $\Delta r \approx 0.5$ мм, таким образом фотодиоды регистрируют излучение небольшого участка изображения (фрагмента изображения размером $\Delta r=0.5$ мм) газоплазменного потока. Первый фотодиод расположен непосредственно у основания эрозионного факела ($\Delta x=0$). Сигналы от фотодиодов через многоканальную интерфейсную плату подаются на компьютер.

15 На рис.2 в качестве примера показаны сигналы от фотодиодов с номерами 3 и 5, расположенных на расстоянии $\Delta x_{3-1}=10$ мм, $\Delta x_{5-1}=20$ мм от основания эрозионного факела (от поверхности мишени) и соответственно на расстоянии $\Delta x_{5-3}=10$ мм друг от друга. Время задержки между сигналами составляет $\Delta t_{5-3} \approx 3.5$ мкс. Тогда для средней скорости разлета фронта эрозионного факела можно написать:

$$V_{cp} = \frac{\Delta x_{5-3}}{\Delta t_{5-3}}$$

Подставляя численные значения, получим: $V_{cp} \approx 2.8 \times 10^3$ м/с

25 Для анализа элементного состава эрозионного факела используются спектральные методы анализа (по спектрам эмиссии элементов). По мере разлета эрозионного факела будет происходить пространственная сепарация частиц по массе. Более легкие частицы (ионы и атомы легких элементов), имеющие большую скорость разлета, будут группироваться на переднем фронте. Атомы и ионы более тяжелых элементов
 30 имеют меньшую скорость разлета, поэтому они будут отставать от лидирующей группы легких частиц. Кластеры и микрокапли имеют еще большую массу, чем атомы и ионы, в результате для них будет наблюдаться еще больше отставание от лидирующей группы атомов и ионов. Таким образом по мере разлета
 35 газоплазменного потока будет происходить пространственное разделение частиц по массе.

Для регистрации спектров на место фотодиодной линейки в плоскости изображения устанавливается оптоволоконный кабель (многомодовое оптоволокно).

40 Оптоволоконный кабель закрепляется на подвижном столике и может перемещаться в плоскости изображения. На рис.3 показана схема регистрации свечения локальных участков эрозионного факела. Излучение локального участка эрозионного факела попадает на вход 8 оптоволоконного кабеля и передается на полихроматор 11.

Регистрация спектра осуществляется с помощью ПЗС линейки 12 с управляемым запуском. Сигналы с ПЗС линейки подаются на рабочий компьютер для анализа.

45 Перемещая входную головку оптоволоконного кабеля вдоль изображения эрозионного факела на определенное расстояние (на расстояние достаточное для сепарации частиц по массам), можно измерять скорости частиц (по пройденному расстоянию и времени задержки), анализировать элементный состав и изменение
 50 элементного состава в зависимости от расстояния от основания эрозионного факела (от поверхности мишени).

Способ иллюстрируется Рис.1, Рис.2, Рис.3.

Рис.1 - 1 - лазер, 2 - фокусирующая линза, 3 - камера, 4 - мишень, 5 - разлетающийся

газоплазменный поток (лазерный эрозионный факел), 6 - оптическая система, 7 - изображение эрозионного факела в плоскости изображений, 8 - линейка фотодиодов, расположенных на расстоянии $\Delta x=5$ мм, 9 - компьютер.

5 Рис.2 - Сигналы с фотодиодной линейки. Временная задержка сигналов от фотодиодов, отстоящих на расстоянии $\Delta x_{3-1}=10$ мм, $\Delta x_{5-1}=20$ мм от основания эрозионного факела (от поверхности мишени).

10 Рис.3 - 1 - лазер, 2 - фокусирующая линза, 3 - камера, 4 - мишень, 5 - разлетающийся газоплазменный поток (лазерный эрозионный факел), 6 - оптическая система, 7 - изображение эрозионного факела в плоскости изображений, 8 - входная головка оптоволоконного кабеля, 9 - оптоволоконный кабель, 10 - фокусирующий объектив, 11 - полихроматор, 12 - ПЗС матрица.

Формула изобретения

15 Способ измерения параметров разлетающегося газоплазменного потока, отличающийся тем, что с помощью оптической системы формируют динамическое изображение потока, выделяют фрагменты изображения, расположенные на
20 определенном расстоянии вдоль направления распространения потока, формируют временные зависимости интенсивности свечения выделенных фрагментов и по этим зависимостям судят о скорости потока, выделяют фрагмент изображения, находящийся на определенном расстоянии от начала потока, формируют временную
25 зависимость спектрального состава излучения фрагмента и по отдельным участкам этой зависимости судят о составе потока.

30

35

40

45

50

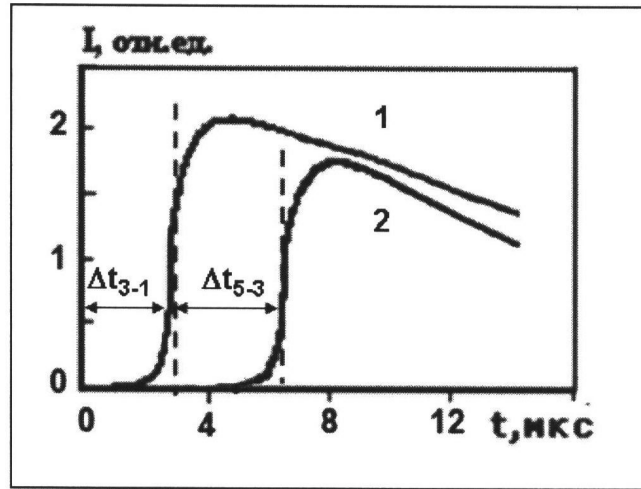


Рис. 2

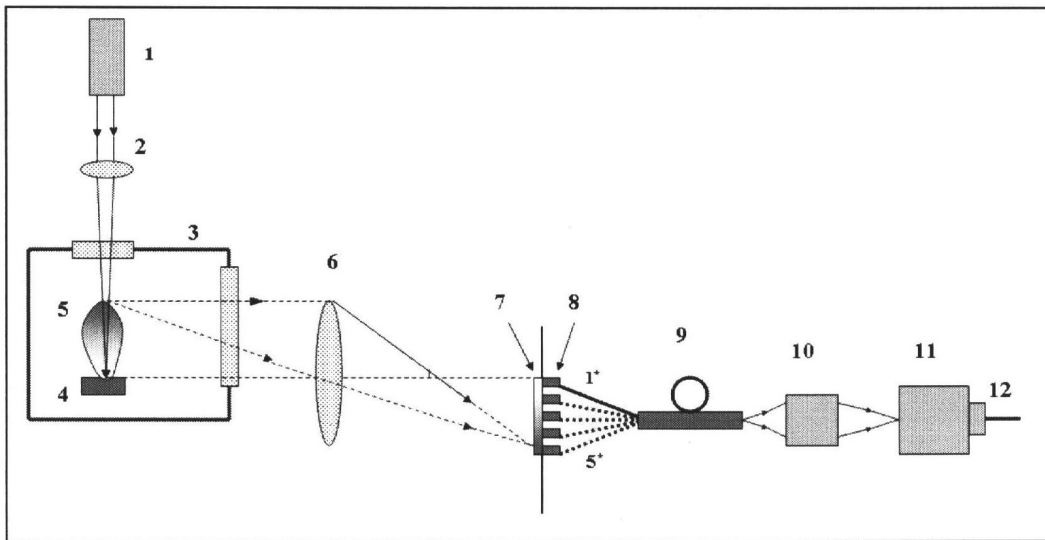


Рис. 3