



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2008144733/28, 12.11.2008

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
12.11.2008

(45) Опубликовано: 10.03.2010 Бюл. № 7

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2107899 C1, 27.03.1998. SU 1797628 A3,
23.02.1993. SU 1497465 A1, 30.07.1989. SU
888671 A, 23.03.1985.

Адрес для переписки:

630090, г.Новосибирск, ул. Институтская,
4/1, "Учреждение Российской академии наук
ИТПМ им. С.А. Христиановича Сибирского
отделения РАН" (ИТПМ СО РАН)

(72) Автор(ы):

Гуляев Игорь Павлович (RU),
Солоненко Олег Павлович (RU),
Смирнов Андрей Владимирович (RU),
Чесноков Антон Евгеньевич (RU),
Гуляев Павел Юрьевич (RU),
Иордан Владимир Иванович (RU),
Милюкова Ирина Васильевна (RU),
Долматов Алексей Викторович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

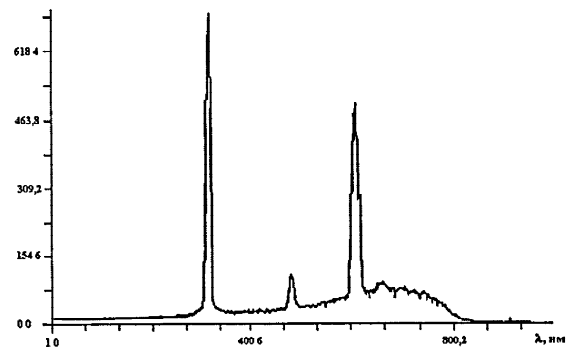
"Учреждение Российской академии наук
Институт теоретической и прикладной
механики им. С.А. Христиановича
Сибирского отделения РАН" (ИТПМ СО
РАН) (RU),
ГОУ ВПО Югорский государственный
университет (RU)

(54) СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЧАСТИЦ
КОНДЕНСИРОВАННОЙ ФАЗЫ В ДВУХФАЗНОМ ПЛАЗМЕННОМ ПОТОКЕ

(57) Реферат:

Изобретение относится к технике измерения температуры. В способе дважды производится измерение интенсивности спектральных линий излучения плазменного потока, сначала измеряют интенсивность спектральных линий излучения потока без частиц конденсированной фазы, а потом суммарного теплового и линейчатого спектра двухфазного плазменного потока, из которого затем исключаются все значения на тех длинах волн, где интенсивность спектральных линий плазмы не равна нулю. Из матрицы значений спектральной интенсивности, полученных по формуле Планка, исключаются соответствующие столбцы и строки.

Технический результат - повышение точности определения температурного распределения частиц конденсированной фазы в двухфазном плазменном потоке. 3 ил.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: **2008144733/28, 12.11.2008**

(24) Effective date for property rights:
12.11.2008

(45) Date of publication: **10.03.2010 Bull. 7**

Mail address:

**630090, g.Novosibirsk, ul. Institutskaja, 4/1,
"Uchrezhdenie Rossijskoj akademii nauk ITPM im.
S.A. Khristianovicha Sibirskogo otdelenija RAN"
(ITPM SO RAN)**

(72) Inventor(s):

**Guljaev Igor' Pavlovich (RU),
Solonenko Oleg Pavlovich (RU),
Smirnov Andrej Vladimirovich (RU),
Chesnokov Anton Evgen'evich (RU),
Guljaev Pavel Jur'evich (RU),
Iordan Vladimir Ivanovich (RU),
Miljukova Irina Vasil'evna (RU),
Dolmatov Aleksej Viktorovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**"Uchrezhdenie Rossijskoj akademii nauk Institut
teoreticheskoj i prikladnoj mekhaniki im. S.A.
Khristianovicha Sibirskogo otdelenija RAN"
(ITPM SO RAN) (RU),
GOU VPO Jugorskij gosudarstvennyj universitet
(RU)**

(54) METHOD FOR DETECTION OF TEMPERATURE DISTRIBUTION OF CONDENSED PHASE PARTICLES IN TWO-PHASE PLASMA FLOW

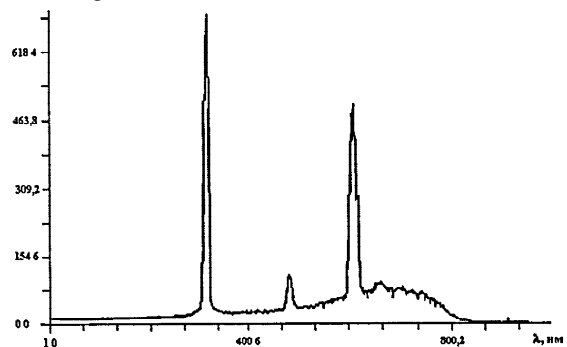
(57) Abstract:

FIELD: measurement equipment.

SUBSTANCE: invention is related to technology of temperature measurement. In method intensity of spectral lines of plasma flux radiation is measured twice, at first intensity of spectral lines is measured in radiation of flux without particles of condensed phase, and then in total heat and linear spectrum of two-phase plasma flux, from which then all values are excluded on those lengths of waves, where intensity of spectral lines of plasma is not equal to zero. According columns and rows are excluded from matrix of spectral intensity values produced in compliance with Planck radiation formula.

EFFECT: improved accuracy of detection of temperature distribution of condensed phase particles in two-phase plasma flux.

3 dwg, 1 ex



Фиг.1

RU 2 383 873 C1

RU 2 383 873 C1

Изобретение относится к технике измерения температуры. Оно может быть использовано в различных областях техники, где требуется измерение температурного распределения разнородно нагретых частиц конденсированной фазы, содержащихся в газопламенных и плазменных гетерогенных потоках.

Известен способ измерения температуры разнородно нагретых частиц, заключающийся в измерении интенсивности излучения и ее производной при разложении в спектр по длине волны с определением температуры по отношению значений интенсивности излучения и ее производной [1].

Недостатком способа является определение температуры, которая в смеси разнородно нагретых частиц может не совпадать ни с одной из действительных температур конденсированной фазы в плазменном потоке и при этом не является средней, например, в случае двух частиц с двумя различными температурами.

Таким образом, данный способ не обладает достаточной точностью и может использоваться лишь для грубой оценки температуры частиц в гетерогенных потоках.

Наиболее близким к предлагаемому изобретению (прототипом) является способ определения температуры частиц конденсированной фазы движущихся гетерогенных объектов, включающий измерение интенсивности излучения при разложении в спектр [2]. Способ может применяться для определения температуры разнородно нагретых частиц вещества при газоплазменном или плазменном нанесении покрытий.

При этом во время измерения производят суммирование спектральных интенсивностей на N длинах волн от пролетающих разнородно нагретых частиц конденсированной фазы и получают суммарный тепловой спектр U от разнородно нагретых частиц, который является вектором значений $U(l_1), U(l_2), \dots, U(l_1), \dots, U(l_N)$, где $U(l_i)$ есть суммарная спектральная интенсивность, полученная на длине волны l_i , и определяют гистограмму Z температурного распределения частиц, которая представляет собой вектор значений на N заданных температурах по следующей формуле:

$$Z = A^{-1} \cdot U, \quad (1)$$

где A - матрица размером $N \times N$ значений $\| a(l_i, T_j) \|$ спектральной интенсивности излучения абсолютно черного тела, определяемых по формуле Планка на каждой из N длин волн и каждой из N заданных температур. Среднюю температуру частиц находят по формуле:

$$T_{\text{ср}} = \sum_{i=1}^N Z(T_i) \cdot T_i / \sum_{i=1}^N Z(T_i) \quad (2)$$

где $T_{\text{ср}}$ - имеет вполне определенный физический смысл только для одномодовых распределений частиц $Z(T_i)$ или может быть вычислена для совокупности нескольких локальных температурных распределений частиц [2].

Недостатком способа является возникновение в температурном распределении ложных температур и методической ошибки вычисления средней температуры частиц конденсированной фазы в гетерогенном потоке, при появлении аддитивной составляющей линейчатого спектра газовой фазы в результирующем спектре U (фиг.1). Применение данного способа не дает хороших результатов при измерении температурных параметров частиц в гетерогенном (двухфазном) плазменном потоке.

В технологиях газопламенного и плазменного нанесения покрытий газовая фаза используется для транспортировки частиц конденсированной фазы к подложке. При этом газовая фаза обладает значительной температурой и имеет линейчатый спектр

собственного излучения, в который входят линии излучения транспортирующего газа и незначительные следы линий излучения-поглощения испарившихся в процессе переноса мелких частиц порошка. Все нагретые частицы конденсированной фазы имеют непрерывный спектр собственного теплового излучения. В результирующем спектре U суммируются интенсивности излучения непрерывного теплового и линейчатого спектров (фиг.2), что делает невозможным определение точного температурного распределения Z по формуле (1), с использованием формулы Планка для получения матрицы A .

Таким образом, известный способ не позволяет получать корректное температурное распределение и среднее значение температуры разнородно нагретых частиц конденсированной фазы в гетерогенном (двухфазном) плазменном потоке, при большой светимости газовой фазы.

Задачей изобретения является повышение точности определения температурного распределения частиц конденсированной фазы в двухфазном плазменном потоке.

Поставленная задача достигается благодаря тому, что в заданном сечении дважды производится измерение интенсивности спектральных линий излучения плазменного потока, сначала измеряют интенсивность спектральных линий излучения потока без частиц конденсированной фазы в виде вектора значений $S(l_1), S(l_2), \dots, S(l_1), S(l_n)$, а потом суммарного теплового и линейчатого спектра двухфазного плазменного потока U , из которого затем исключаются все значения на тех длинах волн l_k , где интенсивность спектральных линий плазмы $S(l_k)$ не равна нулю, а из матрицы A , полученной по формуле Планка, исключаются соответствующие столбцы и строки с элементами $\| a(l_i, T_j) \|$, где i и j равны k . Затем температурное распределение разнородно нагретых частиц находится по формуле (1).

Технический результат - повышение помехозащищенности и точности определения температурного распределения разнородно нагретых частиц конденсированной фазы в двухфазном плазменном потоке.

Повышение точности определения температурного распределения разнородно нагретых частиц конденсированной фазы в двухфазных плазменных потоках достигается за счет исключения из расчетной гистограммы температурного распределения такого же количества температурных интервалов, как и количество спектральных отсчетов, исключенных из спектра излучения двухфазного плазменного потока на тех длинах волн, где наблюдаются линии спектра излучения плазмы и линии излучения-поглощения испарившихся в процессе переноса мелких частиц порошка, что обеспечивает выделение составляющей теплового излучения конденсированной фазы потока только на тех длинах волн, где нет помехи от фонового излучения спектра плазмы и можно точно определять температурное распределение разнородно нагретых частиц с использованием формулы Планка для спектральной интенсивности излучения нагретого тела по формуле (1).

Указанные признаки не выявлены в других технических решениях при изучении уровня данной области техники и, следовательно, решение является новым и имеет изобретательский уровень.

На фиг.1 изображен спектр двухфазного плазменного потока, на фиг.2 - спектр газовой фазы плазменного потока, на фиг.3 - схема устройства, реализующая предлагаемый способ определения температурного распределения разнородно нагретых частиц конденсированной фазы (гистограмма) в двухфазном плазменном потоке.

Способ определения температурного распределения разнородно нагретых частиц конденсированной фазы движущихся в потоке плазмы осуществляется следующим образом. Измерение интенсивности спектральных линий излучения плазменного потока производят дважды. На первом этапе - в режиме «холостого хода»
 5 плазмотрона, измеряют спектр излучения плазменного потока без частиц конденсированной фазы в виде вектора значений $S(l_1), S(l_2), \dots, S(l_1), \dots, S(l_n)$, где $S(l_1)$ есть суммарная спектральная интенсивность, полученная на длине волны l_1 . Это позволяет
 10 определить те длины волн на которых линии спектра излучения плазмы и линии излучения-поглощения испарившихся в процессе переноса мелких остатков частиц порошка отличны от нуля, и будут в дальнейшем вносить искажения, при регистрации теплового спектра конденсированной фазы потока, в виде аддитивного фона. На
 15 втором этапе - в номинальном режиме работы, измеряют суммарный спектр гетерогенного (двухфазного) плазменного потока U , в виде вектора значений $U(l_1), U(l_2), \dots, U(l_1), \dots, U(l_n)$, где $U(l_1)$ есть суммарная спектральная интенсивность теплового и линейчатого спектра двухфазного плазменного потока, полученная на длине волны l_1 .
 20 Затем из вектора значений $U(l_1), U(l_2), \dots, U(l_1), \dots, U(l_n)$ исключают все значения на тех длинах волн l_k , где интенсивность спектральных линий плазмы $S(l_k)$ не равна нулю, а из матрицы A исключают соответствующие столбцы и строки с элементами $\| a(l_i, T_j) \|$, где i и j равны k . Это обеспечивает выделение составляющей теплового
 25 излучения конденсированной фазы потока только на тех длинах волн, где нет помехи от фонового излучения спектра плазмы и можно точно определять температурное распределение разнородно нагретых частиц с использованием формулы Планка для спектральной интенсивности излучения нагретого тела по формуле (1).

Устройство, реализующее предлагаемый способ определения температурного
 30 распределения разнородно нагретых частиц конденсированной фазы в двухфазном плазменном потоке (см. фиг.3), содержит оптическую систему 1, которая проецирует изображение сечения 2 двухфазного плазменного потока 3 в плоскость входной щели 4 спектрального дисперсионного устройства 5, на выходе которого в фокальной
 35 плоскости расположен многоэлементный линейный фотоприемник 6, работающий в режиме накопления заряда. Фотоприемник 6 состоит из набора N фотодиодов и схемы опроса, которая подает электрические сигналы с фотодиодов на вход аналого-цифрового преобразователя 7. Цифровой выход преобразователя 7 через
 40 переключатель режимов 8 передает полученный спектр либо на вход П1 блока выделения спектральных линий фона 9 (на первом этапе измерения интенсивности спектральных линий излучения плазменного потока без частиц конденсированной фазы), либо на вход П2 блока цифровой обработки сигналов 10 (на втором этапе измерения суммарного теплового и линейчатого спектра двухфазного плазменного
 45 потока). Выход блока выделения спектральных линий фона 9 передает на вход П3 блока цифровой обработки 10 номера длин волн, интенсивность которых в спектре плазменного потока без частиц конденсированной фазы не равна нулю. На выходе блока цифровой обработки сигналов 10, после исключения из суммарного спектра двухфазного потока и матрицы A значений с номерами, совпадающими с номерами
 50 длин волн на выходе блока 9, формируется гистограмма Z температурного распределения частиц 11 согласно формуле (1).

Устройство работает следующим образом. Излучение двухфазного гетерогенного плазменного потока 3, двухфазного плазмотроном и движущегося поперечно

относительно заданного сечения 2 (где положение сечения 2 задается положением оптической системы 1 и входной щелью 4 спектрального дисперсионного устройства 5, проходит через оптическую систему 1 и проецируется на входную щель 4 спектрального дисперсионного устройства 5, которое пространственно разделяет прошедшее через входную щель излучение по N длинам волн. Полученное на N длинах волн изображение входной щели проецируется в фокальную плоскость, где находится многоэлементный фотоприемник 6, N фотодиодов которого работают в режиме накопления заряда. На каждом отдельно взятом фотодиоде фотоприемника происходит преобразование падающего излучения в электрический сигнал, и на всех фотодиодах производится параллельное одновременное накопление электрического сигнала в течение времени регистрации $t_{рег.}$, что позволяет суммировать все мгновенные спектры излучения гетерогенного потока в сечении 2. После времени накопления заряда $t_{рег}$ схема опроса фотоприемника передает электрические сигналы с фотодиодов на аналого-цифровой преобразователь 7, а он переводит их в цифровую форму. На первом этапе измерений - в режиме «холостого хода» плазмотрона, измеряют спектр излучения плазменного потока без частиц конденсированной фазы в виде вектора значений $S(l_1), S(l_2), \dots, S(l_1), \dots, S(l_N)$, которые с выхода преобразователя 7 через переключатель режимов 8 поступают на вход П1 блока выделения спектральных линий фона 9, где каждый элемент из вектора значений $S(l_1), S(l_2), \dots, S(l_1), \dots, S(l_N)$ сравнивают с заранее известным пороговым значением «темнового» сигнала фотоприемника и определяют набор значений номеров k , содержащий номера k_1, k_2, \dots, k_M тех длин волн l_k , где интенсивность спектральных линий плазмы $S(l_k)$ не равна нулю. Полученный набор значений номеров k с выхода блока выделения спектральных линий фона 9 поступает на вход П3 блока цифровой обработки сигналов 10, где из матрицы A исключают соответствующие столбцы и строки с элементами $a(l_i, T_j)$, где i или j равны одному из значений в наборе k . При этом размер матрицы A уменьшается с $N \times N$ до $(N-M) \times (N-M)$. На втором этапе измерений - в номинальном режиме работы, (когда в плазменный поток инжектируются частицы конденсированной фазы) измеряют суммарный спектр гетерогенного плазменного потока U , в виде вектора значений $U(l_1), U(l_2), \dots, U(l_1), \dots, U(l_N)$, выходные данные преобразователя 7 через переключатель режимов 8 поступают на вход П2 блока цифровой обработки сигналов 10, где исключают все значения $U(l_k)$ на тех длинах волн l_k , где интенсивность спектральных линий плазмы $S(l_k)$ не равна нулю. При этом размер вектора значений $U(l_1), U(l_2), \dots, U(l_1), \dots, U(l_N)$ уменьшается с N элементов до $(N-M)$ элементов. Затем на основе преобразованных значений вектора U' и матрицы A' в блоке цифровой обработки сигналов 10 определяют гистограмму Z температурного распределения разнородно нагретых частиц 11 конденсированной фазы двухфазного потока.

Преимуществом данного способа является повышение помехозащищенности и точности измерения температурного распределения разнородно нагретых частиц конденсированной фазы двухфазного плазменного потока за счет исключения из суммарного теплового спектра излучения плазменного потока линий спектра газовой фазы, а также повышение технологических возможностей за счет того, что температурное распределение разнородно нагретых частиц можно определять в плазменных потоках с произвольным химическим составом плазмообразующего газа, при меньшей концентрации частиц твердой фазы и большой светимости плазмы.

Пример.

В качестве примера сопоставляются средняя температура и гистограмма температурного распределения монодисперсных частиц электрокорунда (Al_2O_3) диаметром 100 мкм в одном и том же плазменном потоке аргона с расходом плазмообразующего газа 0,9 г/с и расходом частиц порошка 0,36 кг/с, определенные по предлагаемому способу, и способу описанному в прототипе. Прибор, реализующий предлагаемый способ определения температурного распределения частиц конденсированной фазы в двухфазном плазменном потоке, создан на основе спектральной InGaAs фотодиодной линейки с диапазоном спектральной чувствительности от 0,90 до 1,67 мкм, размером 12,8 мм и 512 фоточувствительными элементами, 16-ти разрядного аналого-цифрового преобразователя, спектрального дисперсионного устройства на дифракционной решетке по схеме Пашена-Рунге с линейной дисперсией 50 нм/мм, блока выделения спектральных линий фона на базе платы сбора данных со встроенным с 64-разрядным микропроцессором и блока цифровой обработки на базе персонального компьютера. Сравнение с прототипом проводилось при отключении блока выделения спектральных линий фона эмиссии аргона, число которых достигало 28 в указанном спектральном диапазоне, а также при использовании одной и той же матрицы теплового спектра, из которой не проводилось исключение столбцов и строк.

Достижением положительного результата является то, что при одной и той же средней температуре частиц в предлагаемом способе была получена гистограмма их температурного распределения в 12 равномерных температурных интервалах в диапазоне температур от 800°C до 2000°C, в то время как по способу, описанному в прототипе, гистограмма температурного распределения имела пять отрицательных значений, что является грубой ошибкой, возникающей из-за влияния эмиссионного спектра аргона в плазме.

Источники информации

1. Авторское свидетельство СССР №1497465, кл. G01J 5/60, 1989 - аналог.
2. Патент РФ №2107899, G01J 3/30, G01K 13/04, 07.10.1996 г. - прототип.

Формула изобретения

Способ определения температурного распределения частиц конденсированной фазы в двухфазном плазменном потоке, включающий измерение интенсивности излучения при разложении в спектр, получение суммарного теплового спектра U от всех разнородно нагретых частиц, движущихся в потоке относительно заданного сечения, в виде вектора значений $U(l_1), U(l_2), \dots, U(l_1), \dots, U(l_N)$, где $U(l_i)$ есть суммарная спектральная интенсивность, полученная на длине волны l_i , и определение гистограммы Z температурного распределения частиц, которая представляет собой вектор значений $Z(T_1), Z(T_2), \dots, Z(T_1), \dots, Z(T_N)$ на

N заданных температурах, по следующей формуле: $Z=A^{-1} \cdot U$, где A - матрица размером $N \times N$ значений $\| a(l_i, T_j) \|$ спектральной интенсивности излучения черного тела, определяемых по формуле Планка на каждой из N длин волн и каждой из N заданных температур, отличающийся тем, что измерения спектра двухфазного плазменного потока в заданном сечении производят дважды: сначала измеряют интенсивность спектральных линий излучения плазменного потока без частиц конденсированной фазы, в виде вектора значений $S(l_1), S(l_2), \dots, S(l_1), \dots, S(l_N)$, затем -

измеряют суммарное значение теплового и линейчатого спектра двухфазного плазменного потока U , из которого затем исключают все значения на тех длинах волн l_k , где интенсивность спектральных линий плазмы $S(l_k)$ не равна нулю, а из матрицы A исключаются соответствующие столбцы и строки с элементами $a(l_i, T_j)$, где i или j равны k , и определяют гистограмму температурного распределения частиц.

10

15

20

25

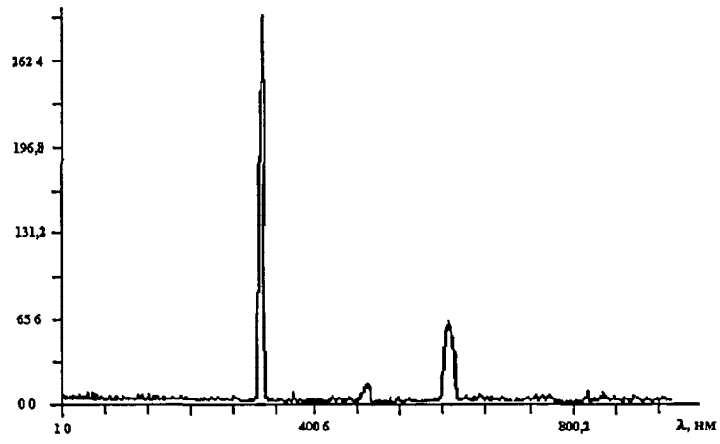
30

35

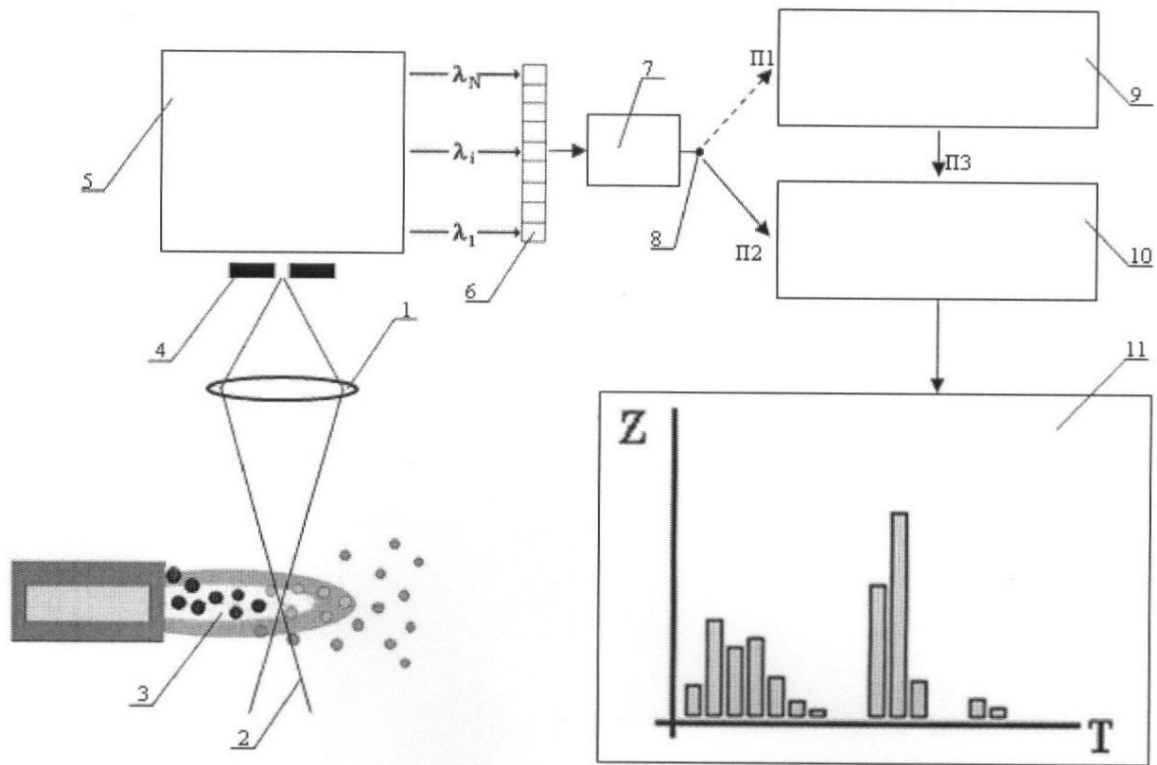
40

45

50



Фиг.2



Фиг. 3