



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: **2007124450/28**, **28.06.2007**(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
**28.06.2007**(45) Опубликовано: **20.03.2009** Бюл. № 8

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: Сон Л.Д. и др. Установка для измерения вязкости, поверхностного натяжения и плотности высокотемпературных расплавов. Труды X Российской конференции: Строение и свойства металлических и шлаковых расплавов, т.2, с.47-50. - Екатеринбург-Челябинск: 2001 г. SU 868470 A1, 30.09.1981. SU 1239553 A1, 23.06.1986. SU 97483 A1, 01.01.1954. JP 59015837, 26.01.1984.

Адрес для переписки:  
620002, г.Екатеринбург, К-2, ул. Мира, 19,  
ГОУ ВПО "УГТУ-УПИ имени первого Президента  
России Б.Н.Ельцина", центр интеллектуальной  
собственности

(72) Автор(ы):

Цепелев Владимир Степанович (RU),  
Конашков Виктор Васильевич (RU),  
Вьюхин Владимир Викторович (RU),  
Поводатор Аркадий Моисеевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

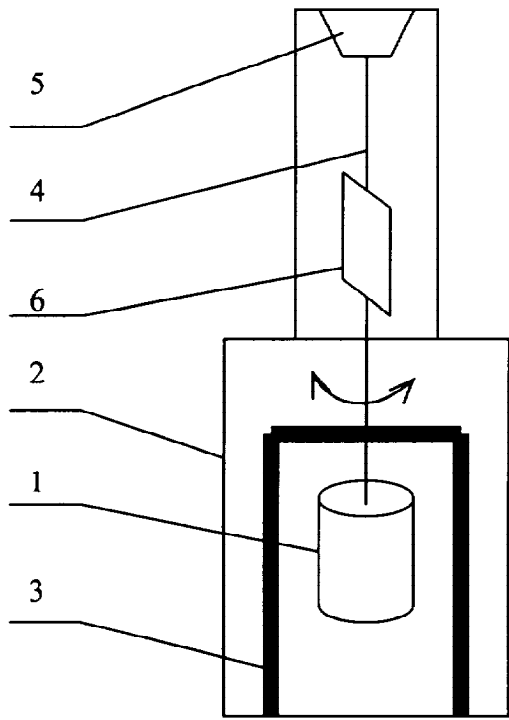
Государственное общеобразовательное  
учреждение высшего профессионального  
образования "Уральский государственный  
технический университет - УПИ имени первого  
Президента России Б.Н.Ельцина" (RU)

## (54) СПОСОБ БЕСКОНТАКТНОГО ИЗМЕРЕНИЯ ВЯЗКОСТИ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ РАСПЛАВОВ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ (ВАРИАНТЫ)

(57) Реферат:

Изобретение относится к технической физике, а именно к устройствам для определения, контроля и измерения физических параметров веществ, и предназначено для бесконтактного измерения вязкости высокотемпературных металлических расплавов методом затухания крутильных колебаний цилиндрического тигля с расплавом. Техническим результатом изобретения является уменьшение потерь данных, а также повышение достоверности и точности измерения. Сущность изобретения заключается в том, что перед

регистрацией параметров траектории отраженного от зеркала светового луча осуществляется процесс синхронного детектирования, при этом применяется автоматическая регулировка амплитуды. Устройство выполнено в виде синхронного детектора и содержит интегральные фотосенсоры. Источник света выполнен в виде модулированного источника. Кроме того, в качестве источника света может использоваться светодиодный кластер, импульсы которого имеют оптимальные параметры. 4 н. и 2 з.п. ф-лы, 4 ил.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,  
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: **2007124450/28, 28.06.2007**

(24) Effective date for property rights: **28.06.2007**

(45) Date of publication: **20.03.2009 Bull. 8**

Mail address:

**620002, g.Ekaterinburg, K-2, ul. Mira, 19,  
GOU VPO "UGTU-UPI imeni pervogo Prezidenta  
Rossii B.N.El'tsina", tsentr intellektual'noj  
sobstvennosti**

(72) Inventor(s):

**Tsepelev Vladimir Stepanovich (RU),  
Konashkov Viktor Vasil'evich (RU),  
V'jukhin Vladimir Viktorovich (RU),  
Povodator Arkadij Moiseevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Gosudarstvennoe obshcheobrazovatel'noe  
uchrezhdenie vysshego professional'nogo  
obrazovanija "Ural'skij gosudarstvennyj  
tehnicheskij universitet - UPI imeni pervogo  
Prezidenta Rossii B.N.El'tsina" (RU)**

(54) **CONTACTLESS VISCOSITY MEASURING METHOD FOR HIGH-TEMPERATURE METAL MELT AND RELATED DEVICE (VERSIONS)**

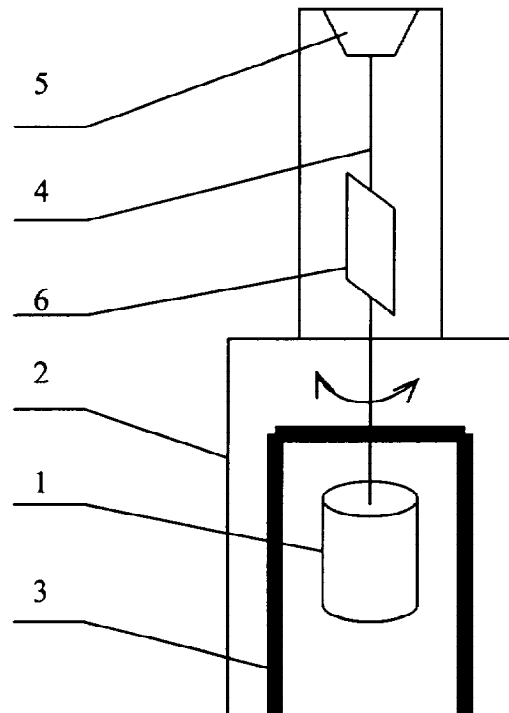
(57) Abstract:

FIELD: physics.

SUBSTANCE: before trajectory parameters of mirrored light beam are recorded, synchronous detection is carried out with automatic amplitude control. Device presents synchronous detector and accommodates integrated photosensors. Light source is modulated. Besides, light source can be light-emitting diode cluster with pulses of optimal parameters.

EFFECT: reduced data loss, as well as higher measurement reliability and accuracy.

6 cl, 4 dwg



Фиг. 1

RU 2 349 898 C1

RU 2 349 898 C1

Предлагаемое изобретение относится к технической физике, а именно к устройствам для определения, контроля и измерения физических параметров веществ, и предназначено для бесконтактного измерения вязкости высокотемпературных металлических расплавов, например стальных, нестационарным методом на основе затухания крутильных колебаний цилиндрического тигля с расплавом. Дополнительной сферой применения являются металлургические процессы.

Измерение физико-химических параметров металлических жидкостей, расплавов и шлаков, в частности определение вязкости высокотемпературных расплавов, в объеме нескольких см<sup>3</sup>, позволяет проводить прогностический анализ материалов и давать рекомендации для получения сплавов с заданными характеристиками на промышленных предприятиях, в частности, политермы вязкости позволяют выделять характерные критические температурные точки и гистерезисные характеристики нагрева - охлаждения. Для высокотемпературных исследований металлических расплавов, у которых температура плавления 1400°С и более, лишь немногие способы измерения вязкости могут быть использованы на практике, в частности нестационарный бесконтактный фотометрический способ определения кинематической вязкости путем регистрации параметров траектории отраженного от зеркала светового луча, а в конечном итоге - измерения параметров затухания крутильных колебаний тигля с расплавом, подвешенного на упругой нити - см. Г.В.Тягунов и др. Установка для измерения кинематической вязкости металлических расплавов, журн. «Заводская лаборатория», 1980, №10, с.919.

Известно также устройство для осуществления вышеуказанного способа - вискозиметр Шенка и др., основными узлами которого являются: тигель с расплавом, подвешенный на упругой стальной нити - подвесе, печь с нейтральной атмосферой и молибденовым нагревателем, зеркало, укрепленное на вращающемся узле, лампа-осветитель, расположенная на некотором расстоянии от печи шкала в виде линейки, по которой движется отраженный от зеркала световой зайчик, электромагниты для закручивания и демпфирования нежелательных колебаний - см. С.И.Филиппов и др. Физико-химические методы исследования металлургических процессов, М., Металлургия, 1968, с.254-255, рис.107 - аналог.

Недостатками этих способа и устройства являются использование визуального контроля за движением светового зайчика по линейке (шкале), т.е. за динамикой колебаний и их затуханием, а также плохая помехозащищенность измерений от посторонних засветок и (или) задымления внутри печи, в том числе в области зеркала. Как следствие, трудоемкая, не всегда достоверная и объективная трактовка результатов, вынужденное прерывание экспериментов, а иногда невозможность их продолжения, и в конечном итоге, недостаточная достоверность и точность полученных данных.

Прототипом изобретения-способа является способ бесконтактного измерения вязкости высокотемпературных металлических расплавов, основанный на освещении световым лучом от источника света зеркала, расположенного на закручиваемой упругой нити, на которой подвешен тигель с расплавом, регистрации параметров траектории светового луча, отраженного от этого зеркала, и последующем измерении полученного сигнала, отражающего амплитудно-временные параметры затухания крутильных колебаний тигля с расплавом, подвешенного на упругой нити - см. Л.Д.Сон и др. Установка для измерения вязкости, поверхностного натяжения и плотности высокотемпературных расплавов. - Труды X Российской конференции: Строение и свойства металлических и шлаковых расплавов, т.2, с.47-50, Екатеринбург - Челябинск, 2001 г.

Прототипом изобретения - устройства является автоматизированная установка для осуществления способа - прототипа, содержащая устройство бесконтактного измерения вязкости высокотемпературных металлических расплавов, включающее цилиндрический тигель, подвешенный на закручиваемой упругой нити с закрепленным на ней зеркалом, светодиодный источник направляемого на зеркало света, компьютер и фотоприемное устройство - два фотодиода, соединенные с входом блока датчика колебаний, выход которого соединен с входом блока измерения временных интервалов засветки, выход

которого соединен с главным компьютером, рассчитывающим декремент затухания колебаний - см. Л.Д.Сон и др. Установка для измерения вязкости, поверхностного натяжения и плотности высокотемпературных расплавов. - Труды X Российской конференции: Строение и свойства металлических и шлаковых расплавов, т.2, с.47-50, Екатеринбург-Челябинск, 2001 г.

Недостатком указанных способа и устройства для его осуществления является наличие погрешностей измерений от: электромагнитных помех, в том числе - обусловленных работой и коммутацией узлов силовой сети экспериментальной установки, потребляемая мощность которой составляет десятки кВт; посторонних засветок фотоприемника осветительной сетью с основной частотой  $f=100$  Гц и кратных ей гармоник (вплоть до 1 кГц при люминесцентном освещении), и естественным освещением, и особенно - непредсказуемого и практически неизбежного в экспериментах задымления различной интенсивности, т.е. образования непрозрачных взвесей, аэрозолей, паров внутри печи, в том числе - в области зеркала, вследствие испарения абсорбированных газов, термоугара компонентов расплава и их испарения и проч. Необходимо отметить, что молибденовый нагреватель и защитные экраны также окисляются с образованием окисла  $MoO_3$ , который интенсивно испаряется при температурах выше  $900^\circ C$ . Иногда приходится прерывать или вообще отменять эксперимент, длительность которого, например, при исследовании расплава титана, всего около 10 минут, за это время удается измерить всего 2...5 точек. В ряде экспериментов длительность составляет 0,5...2 часа, причем эксперимент неоднократно прерывается на 7-10 минут из-за от качки задымления. Например, ход эксперимента со сплавом Co - 94%, В - 4%, Si - 2% (проведен 15.07.2003) был нижеследующий: за 20 мин после начала прогрева шихты до  $t^\circ=1290^\circ C$  выполнено 6 измерений, на 31 мин появилось сильное задымление в виде тумана, после чего была выполнена 3-кратная откачка и 3-кратный запуск в установку гелия, после этого на 38 мин возобновились измерения и были выполнены 9 циклов по 20 замеров (от  $t^\circ=1310^\circ C$  до  $1550^\circ C$  через  $30^\circ C$ ) при общем времени эксперимента 6 час 07 мин. В другом случае, при работе с кобальтом (опыт проведен 10.01.2006) с 15 по 24 мин опыта ( $t^\circ=1510^\circ C$ ) выполнено 12 замеров, после чего появилось задымление, еще через 2 мин удалось, с интервалом в 2 мин, с трудом выполнить еще 3 замера, после чего туман окончательно прервал световой сигнал, и только после откачки задымления, через 20 мин, с трудом удалось провести еще 9 замеров декремента затухания данного расплава с интервалом около 1,5 мин. Эксперимент занял 1 час 10 мин, из которых собственно измерение удалось провести лишь для половины этого времени. При времени измерения одной точки политермы около 1 мин и усреднения результатов каждой точки по нескольким (2...10 замеров) измерениям очевидна потеря данных, а в конечном итоге, результаты эксперимента недостаточно достоверны и точны.

Задачей предлагаемой группы изобретений является увеличение помехозащищенности процесса измерений при электромагнитных помехах, посторонних засветках и (или) задымлении внутри печи.

Для решения поставленной задачи предлагаются способы и устройства для бесконтактного измерения вязкости высокотемпературных металлических расплавов (варианты).

В способе бесконтактного измерения вязкости высокотемпературных металлических расплавов по первому варианту, основанном на освещении световым лучом от источника света зеркала, расположенного на закручиваемой упругой нити, на которой подвешен тигель с расплавом, регистрации параметров траектории светового луча, отраженного от этого зеркала, и последующем измерении полученного сигнала, отражающего амплитудно-временные параметры затухания крутильных колебаний тигля с расплавом, подвешенного на упругой нити, предлагается перед регистрацией параметров траектории отраженного от зеркала светового луча осуществлять синхронное детектирование сигнала амплитудно-временных параметров затухания крутильных колебаний тигля с расплавом.

В способе бесконтактного измерения вязкости высокотемпературных металлических

расплавов по второму варианту, основанном на освещении световым лучом от источника света зеркала, расположенного на закручиваемой упругой нити, на которой подвешен тигель с расплавом, регистрации параметров траектории светового луча, отраженного от этого зеркала, и последующем измерении полученного сигнала, отражающего амплитудно-временные параметры затухания крутильных колебаний тигля с расплавом, подвешенного на упругой нити, предлагается осуществлять автоматическую регулировку амплитуды направляемого на зеркало источником света светового луча для поддержания амплитудного параметра отраженного от зеркала светового луча в пределах его оптимального значения.

По первому варианту устройство бесконтактного измерения вязкости высокотемпературных металлических расплавов, включающее цилиндрический тигель, подвешенный на закручиваемой упругой нити с закрепленным на ней зеркалом, источник направляемого на зеркало света, фотоприемное устройство и компьютер, отличается тем, что фотоприемное устройство выполнено в виде синхронного детектора и содержит, по меньшей мере, один интегральный фотосенсор, по меньшей мере, два буфера, схему «И», причем вход одного буфера соединен с источником света, его выход соединен с одним из входов схемы «И» и одновременно - с дополнительным входом или шиной питания интегрального фотосенсора, другой вход схемы «И» соединен с выходом интегрального фотосенсора через другой буфер, выход схемы «И» является выходом фотоприемного устройства и соединен с компьютером.

Кроме того, в устройстве по первому варианту источник света выполнен в виде модулированного источника, например, импульсно-модулированного светодиодного кластера, состоящего, по меньшей мере, из одного светодиода.

Кроме того, в устройстве по первому варианту в качестве источника света используется светодиодный кластер, импульсы которого имеют следующие параметры: частота импульсов в 2...20 раз больше величины, обратной времени прохождения светового импульса через интегральный фотосенсор, оптимально - в 10 раз, и составляет 2...20 кГц, оптимально - 10 кГц, длительность фронтов импульсов составляет менее 0,1% времени прохождения светового импульса через интегральный фотосенсор и равны, максимально, 10 нс, а скважность импульсов составляет 1,5...25.

По второму варианту устройство бесконтактного измерения вязкости высокотемпературных металлических расплавов, включающее цилиндрический тигель, подвешенный на закручиваемой упругой нити с закрепленным на ней зеркалом, источник направляемого на зеркало света, фотоприемное устройство и компьютер, отличается тем, что содержит тумблер, источник света, выполненный в виде светодиодного кластера, состоящего, по меньшей мере, из двух светодиодов, фотоприемное устройство содержит последовательно соединенные, по меньшей мере, один интегральный фотосенсор, интегратор, компаратор, реле, причем коммутируемые контакты реле включены между одноименными выводами светодиодов и шунтированы тумблером, выход интегрального фотосенсора соединен с компьютером.

Кроме того, в устройстве по второму варианту источник света выполнен в виде модулированного источника, например, амплитудно-модулированного светодиодного кластера, состоящего, по меньшей мере, из одного светодиода.

Отличительные признаки предложенных технических решений - способа и устройства - обеспечивают продление эксперимента путем увеличения помехозащищенности процесса измерений при электромагнитных помехах, посторонних засветках и (или) задымлении внутри печи, получение дополнительных результатов и более достоверной информации, а в конечном итоге - повышение достоверности и точности измерения вязкости металлических расплавов.

Предложенные технические решения, содержащие вышеуказанные совокупности отличительных признаков, а также совокупности ограничительных и отличительных признаков, не выявлены в известном уровне техники, что, при достижении вышеописанного технического результата, позволяет считать предложенные технические решения

имеющими изобретательский уровень. Эти технические решения составляют группу изобретений-вариантов, обеспечивающих один и тот же технический результат - повышение достоверности и точности измерения вязкости металлических расплавов.

Группа изобретений поясняется чертежами: схема высокотемпературного  
 5 вискозиметрического модуля, используемого в обоих вариантах устройства бесконтактного измерения вязкости высокотемпературных металлических расплавов, приведена на фиг.1, схема первого варианта устройства бесконтактного измерения вязкости  
 высокотемпературных металлических расплавов приведена на фиг.2, схема второго  
 10 варианта устройства приведена на фиг.3, схема варианта оптического фокусирующего узла со щелевой маской для одиночного фотосенсора приведена на фиг.4.

Устройство бесконтактного измерения вязкости высокотемпературных металлических расплавов по первому варианту содержит тигель 1 с расплавом, помещенный в центр  
 высокотемпературной зоны печи 2 с молибденовым цилиндрическим электронагревателем  
 3 и подвешенный на упругой нити 4, блок поворота подвесной системы на заданный угол  
 15 для запуска крутильных колебаний 5, зеркало 6, источник света 7, компьютер 8, фотоприемное устройство 9, выполненное в виде синхронного детектора, содержащее фотосенсоры 10, буферы 11, 12, 13, схему «И» 14.

Устройство бесконтактного измерения вязкости высокотемпературных металлических расплавов по второму варианту содержит тигель 1 с расплавом, помещенный в центр  
 20 высокотемпературной зоны печи 2 с молибденовым цилиндрическим электронагревателем 3 и подвешенный на упругой нити 4, блок поворота подвесной системы на заданный угол для запуска крутильных колебаний 5, зеркало 6, источник света 7, компьютер 8, фотоприемное устройство 9, фотосенсор 10, светодиодный кластер 15, 16, коммутирующий  
 контакт 17, выключатель 18, интегратор 19, компаратор с гистерезисом 20, реле 21,  
 25 управляющее контактом 17, систему фокусировки 22, непрозрачную щелевую маску 23.

Устройство по первому варианту выполнено на следующих элементах: тигель 1  
 изготовлен из высокотемпературной керамики, молибденовый цилиндрический  
 электронагреватель 3 выгнут из листа толщиной в десятые доли мм, упругая нить 4 -  
 нихромовая, диаметром несколько десятых долей мм, кластерный источник света 7 -  
 30 сверхъяркий светодиод L7113SEC-H фирмы Kingbright - см. каталог Kingbright, 2005-2006, фотоприемное устройство 9 содержит: интегральные микросхемы - фотосенсоры 10  
 типа TSL250 фирмы TAOS (или их аналоги OPT 101, S4810 других фирм) - см. каталог  
 ELFA - 55, 2007, р.812, расположенные на фиксированном расстоянии, например +/-  
 20...100 мм симметрично относительно центра в положении равновесия, т.е. двусторонней  
 35 шкалы, буферы 11, 12, 13 - КМОП ИС типа CD4041A, элемент «И» - КМОП ИС типа K1561ЛИ2.

Устройство по второму варианту выполнено на следующих элементах: тигель 1  
 изготовлен из высокотемпературной керамики, молибденовый цилиндрический  
 электронагреватель 3 выгнут из листа толщиной в десятые доли мм, упругая нить 4 -  
 40 нихромовая, диаметром несколько десятых долей мм, кластерный источник света 7 -  
 сверхъяркие светодиоды L7113SEC-H фирмы Kingbright - см. каталог Kingbright, 2005-2006, фотоприемное устройство 9 содержит: интегральные микросхемы - фотосенсоры 10  
 типа TSL250 фирмы TAOS (или их аналоги OPT 101, S4810 других фирм) - см. каталог  
 ELFA - 55, 2007, р.812, расположенные на фиксированном расстоянии +/- 20...100 мм  
 45 друг от друга симметрично относительно центра в положении равновесия, т.е.  
 двусторонней шкалы, либо один фотосенсор 10 указанного типа, перед которым  
 установлена система оптической фокусировки 22 в виде полуцилиндрической линзы и  
 тонкая непрозрачная, например, металлическая, щелевая маска 23, содержащая, по  
 меньшей мере, две параллельные щели шириной 1 мм с расстоянием между ними 5...10  
 50 мм, типовой RC - интегратор 19 и типовой гистерезисный компаратор 20 - на базе ОУ  
 типа LM 324, реле 21 с замыкающим контактом 17 - электромагнитное РЭС 55,  
 управляемое транзистором 2N2222, либо твердотельное с МОП-ключом, выключатель 18 -  
 тумблер ТВ 2.

Устройство бесконтактного измерения вязкости высокотемпературных металлических расплавов по первому варианту, приведенное на фиг.1 и фиг.2, работает следующим образом.

Тигель 1 с шихтой, подвешенный на упругой нити 4, помещается в центр высокотемпературной зоны печи 2, нагревается цилиндрическим электронагревателем 3 до требуемой температуры, после чего блоком поворота подвесной системы 5 создаются затухающие крутильные колебания. Траектория этих колебаний отслеживается с помощью зеркала 6, зафиксированного на упругой нити 4 подвесной системы с тиглем 1, при этом световой луч от источника света 7, отражаясь от зеркала 6, воспроизводит кривую затухающих крутильных колебаний. В момент времени  $t_1$  отраженный луч попадает на один из фотосенсоров 10 фотоприемного устройства 9 или на одну из щелей непрозрачной щелевой маски 23, на выходе фотоприемного устройства 9 появляется соответствующий сигнал  $U_1$ , который через выходную шину фотоприемного устройства 9 вводится в компьютер 8 и является стартовым для выполнения программы вычисления параметров логарифмического декремента затухания (по известным формулам. Через некоторое время (десятки - сотни мс - единицы с) в момент  $t_2$  отраженный от зеркала 6 световой луч засвечивает другой фотосенсор 10 (или другую щель маски 23), на выходе фотоприемного устройства 9 появляется соответствующий сигнал  $U_2$ , попадает в компьютер 8 через согласующее устройство (на схеме не показано) в виде ключевого транзистора, подключенного к LPT - порту компьютера, после чего времена  $t_i$  соответствующих сигналов  $U_i$  используются для расчетов искомого декремента затухания (по преобразованной формуле - см. - см. С.И.Филиппов и др. Физико-химические методы исследования металлургических процессов, М., Металлургия, 1968, с.243, формула XVI-33:

$$\delta = 1/N \ln(A_0/A_n) = 1/N \ln(V_0/V_n) = 1/N \ln(t_n/t_0)$$

где N - номер колебания;

$A_0, A_n$  - начальная и конечная амплитуды колебаний;

$V_0, V_n$  - начальная и конечная скорости прохождения светового луча между фотодатчиками;

$t_n, t_0$  - начальное и конечное времена прохождения светового луча между фотодатчиками.

Электропитание источника света 7 может быть как от постоянного, так и переменного напряжения, причем в случае импульсного источника электропитания его напряжение  $E_n$  может также служить опорным сигналом  $U_{оп}$ . Светодиодный источник света 7 имеет клемму 24 для вывода от него сигнала, пропорционального току  $i_d$ , протекающему через светодиоды и являющегося опорным  $U_{оп}$  для процесса синхронного детектирования - коммутации в фотоприемном устройстве 9. Через буфер 13  $U_{оп}$  подается на фотосенсоры 10 - на отдельные выводы (например, у фотосенсора ОПТ 101), либо на их шину питания, при этом они работают лишь в момент прохождения опорного сигнала  $U_{оп}$ . Выходные сигналы фотосенсоров 10 -  $U_1$  и  $U_2$ , соответствующие моментам прохождения светового луча через фотосенсоры 10 -  $t_1$  и  $t_2$ , в этом случае представляют собой импульсные пакеты, длительностью  $t_1$  и  $t_2$ , например, по 1 мс, заполненные прямоугольными импульсами с частотой  $f_{оп}$  опорного напряжения, например, 10 кГц. Диапазон параметров импульсов опорного напряжения  $U_{оп}$ : частота импульсов  $f_{оп}$  в 2...20 раз больше величины, обратной времени прохождения  $t_1$  и  $t_2$  светового импульса через интегральный фотосенсор 10, оптимально - в 10 раз, и составляет 2...20 кГц, оптимально - 10 кГц, длительность фронтов  $1_{фр}$  импульсов составляет менее 0,1% времени прохождения светового импульса через интегральный фотосенсор 10 -  $t_1$  и  $t_2$  и равны, максимально, 10 мкс, а скважность импульсов Q составляет 1,5...25. Сигналы  $U_1$  и  $U_2$  через буферы 11 и 12 подаются на схему «И» 14, которая пропускает на компьютер 8 пакеты отфильтрованных от помех сигналов -  $U_1$  и  $U_2$ , синхронных и синфазных с опорным сигналом  $U_{оп}$ , фактически - с током светодиодного источника света 7 -  $i_d$  и его световым потоком, после чего компьютер 8 производит расчет параметров декремента затухания. Такое построение схемы устройства оптимально для уменьшения влияния электромагнитных помех и (или)



посторонних засветок.

Приведенная на фиг.1 и фиг.3 схема второго варианта устройства работает аналогично приведенному и описанному выше на фиг.2 первому варианту устройства. Кроме того, источник света 7 представляет собой кластер светодиодов 15, 16, число которых может коммутироваться в процессе работы как вручную, с помощью тумблера 18, так и автоматически, посредством реле 21, имеющим коммутирующие контакты 17, подключенных параллельно тумблеру 18. Это позволяет осуществить амплитудную модуляцию светового луча изменением интенсивности источника света 7. Известно, что сила света, в первом приближении, пропорциональна среднему току светодиода -  $i_d$ . Поэтому, увеличив, например, на порядок количество включенных светодиодов 16 в кластерном источнике света 7 дополнительно к светодиоду 15, получаем, при прочих равных условиях, 2-3 кратное увеличение амплитуды выходных сигналов фотосенсора 10 -  $U_1$  и  $U_2$ , что позволяет продлить эксперимент в случаях задымлении. Электропитание источника света 7 при этом может осуществляться как постоянным, так и переменным напряжением  $E_n$ , в частности импульсным.

Процедура автоматического включения - выключения дополнительных светодиодов 16 в источнике света 7 и, в конечном итоге, оптимизации светового потока на фотосенсорах 10 позволяет осуществлять определение выхода амплитудного параметра отраженного от зеркала 6 светового луча за нижнюю границу его оптимального значения и осуществлять соответствующее увеличение амплитуды светового луча, направляемого на зеркало 6, до возврата амплитудного параметра отраженного от зеркала 6 светового луча в пределы его оптимального значения и состоит в нижеследующем. До тех пор пока уровень сигналов на выходе фотосенсора 10 -  $U_1$  и  $U_2$  оптимален - достаточен, но не избыточен, т.е. не искажен из-за перегрузки - вплоть до блокирования сигнала фотосенсоров 10, и компьютер 8 без сбоев выполняет программу вычисления декремента затухания  $\delta$  - включен один светодиод 15. Сигналы  $U_1$  и  $U_2$  одновременно поступают на вход интегратора 19, сигнал с его выхода поступает на гистерезисный компаратор 20, который управляет реле 21. Постоянная времени интегратора 19 -  $t_{инт}$  подбирается опытным путем и для условий задымления составляет 2...5 с - примерно, на порядок больше разницы между  $t_1$  и  $t_2$ . Когда задымление достигло уровня, препятствующего прохождению светового луча, сигналы  $U_1$  и  $U_2$  исчезли, интегратор 19 через 2...5 с изменил напряжение на одном из входов компаратора 20, которое в рабочем режиме, пока сигналы  $U_1$  и  $U_2$  не равны нулю, было почти равно подобранному опытным путем опорному напряжению компаратора 20 -  $U_{оп-комп.}$ , подаваемому на другой его вход с резистивного делителя, включенного между шинами питания (на схеме не показано). В результате компаратор 20 изменил свое состояние, сигнал с его выхода включил реле 21, которое замкнуло контакты 17 и подключило светодиоды 16, оптимизируя световой поток от источника света 7 к фотосенсору 10 через зеркало 6. Процедура, выполняемая компаратором 20 и интегратором 19, может быть реализована программно компьютером 8, тогда управляющий сигнал от него  $U_{управл}$  аналогичен сигналу компаратора 20 и также подводится ко входу реле 21. В случае отсутствия сигналов  $U_1$  и  $U_2$  после коммутации светодиодов 16, т.е. невозможности оптимизации светового потока, принимается решение о прекращении эксперимента или перерыве для откачки задымления. Такое построение схемы устройства оптимально при задымлении зеркала 6. Получение даже одной добавочной экспериментальной точки, иногда всего при 2...5 полученных до этого, как отмечено выше для экспериментов с титаном или при высокотемпературных исследованиях расплавов с особыми свойствами, в частности, дающих большой угар - с бором, магнием, фосфором, кремнием, повышает достоверность и точность результатов экспериментов.

Для оценки возможности продления эксперимента был проведен 26.05.2007 г. опыт с чистым кобальтом. При задымлении, появившемся через 32 мин после начала эксперимента, измерения пришлось остановить, причем к этому моменту было получено 348 замеров. В течение 10 с была увеличена амплитуда светового потока от источника света 7 путем увеличения напряжения питания  $E_n$  источника света 7 с предыдущей

величины - 5,4 В до 7,3 В, после чего эксперимент был продолжен. В результате общее время опыта увеличилось до 2 час 28 мин, причем количество замеров (точек), полученных после увеличения амплитуды светового потока, составило 1142.

Использование предлагаемой группы изобретений обеспечивает уменьшение потерь данных за счет продления эксперимента, получения дополнительных результатов и более достоверной информации, путем увеличения помехозащищенности процесса измерений при электромагнитных помехах, посторонних засветках и (или) задымлении внутри печи, а в конечном итоге - повышение достоверности и точности измерения вязкости металлических расплавов.

10

#### Формула изобретения

1. Способ бесконтактного измерения вязкости высокотемпературных металлических расплавов, основанный на освещении световым лучом от источника света зеркала, расположенного на закручиваемой упругой нити, на которой подвешен тигель с расплавом, регистрации параметров траектории светового луча, отраженного от этого зеркала, и последующем измерении полученного сигнала, отражающего амплитудно-временные параметры затухания крутильных колебаний тигля с расплавом, подвешенного на упругой нити, отличающийся тем, что перед регистрацией параметров траектории отраженного от зеркала светового луча осуществляют синхронное детектирование сигнала амплитудно-временных параметров затухания крутильных колебаний тигля с расплавом.

2. Способ бесконтактного измерения вязкости высокотемпературных металлических расплавов, основанный на освещении световым лучом от источника света зеркала, расположенного на закручиваемой упругой нити, на которой подвешен тигель с расплавом, регистрации параметров траектории светового луча, отраженного от этого зеркала, и последующем измерении полученного сигнала, отражающего амплитудно-временные параметры затухания крутильных колебаний тигля с расплавом, подвешенного на упругой нити, отличающийся тем, что осуществляют автоматическую регулировку амплитуды направляемого на зеркало источником света светового луча для поддержания амплитудного параметра отраженного от зеркала светового луча в пределах его оптимального значения.

3. Устройство бесконтактного измерения вязкости высокотемпературных металлических расплавов, включающее цилиндрический тигель, подвешенный на закручиваемой упругой нити с закрепленным на ней зеркалом, источник света, фотоприемное устройство и компьютер, отличающееся тем, что фотоприемное устройство выполнено в виде синхронного детектора и содержит, по меньшей мере, один интегральный фотосенсор, по меньшей мере, два буфера, схему «И», причем вход одного буфера соединен с источником света, его выход соединен с одним из входов схемы «И» и одновременно - с дополнительным входом или шиной питания интегрального фотосенсора, другой вход схемы «И» соединен с выходом интегрального фотосенсора через другой буфер, выход схемы «И» является выходом фотоприемного устройства и соединен с компьютером.

4. Устройство по п.3, отличающееся тем, что источник света выполнен в виде модулированного источника, например импульсно-модулированного светодиодного кластера, состоящего, по меньшей мере, из одного светодиода.

5. Устройство по п.3, отличающееся тем, что в качестве источника света использован светодиодный кластер, импульсы которого имеют следующие параметры: частота импульсов в 2...20 раз больше величины, обратной времени прохождения светового импульса через интегральный фотосенсор, и составляет 2...20 кГц, длительность фронтов импульсов составляет менее 0,1% времени прохождения светового импульса через интегральный фотосенсор и равны, максимально, 10 мкс, а скважность импульсов составляет 1,5...25.

6. Устройство бесконтактного измерения вязкости высокотемпературных металлических расплавов, включающее цилиндрический тигель, подвешенный на закручиваемой упругой нити с закрепленным на ней зеркалом, источник света, фотоприемное устройство и

компьютер, отличающееся тем, что содержит тумблер, источник света выполнен в виде  
светодиодного кластера, состоящего, по меньшей мере, из двух светодиодов,  
фотоприемное устройство содержит последовательно соединенные, по меньшей мере,  
один интегральный фотосенсор, интегратор, компаратор, реле, причем коммутируемые  
5 контакты реле включены между одноименными выводами светодиодов и шунтированы  
тумблером, выход интегрального фотосенсора соединен с компьютером.

10

15

20

25

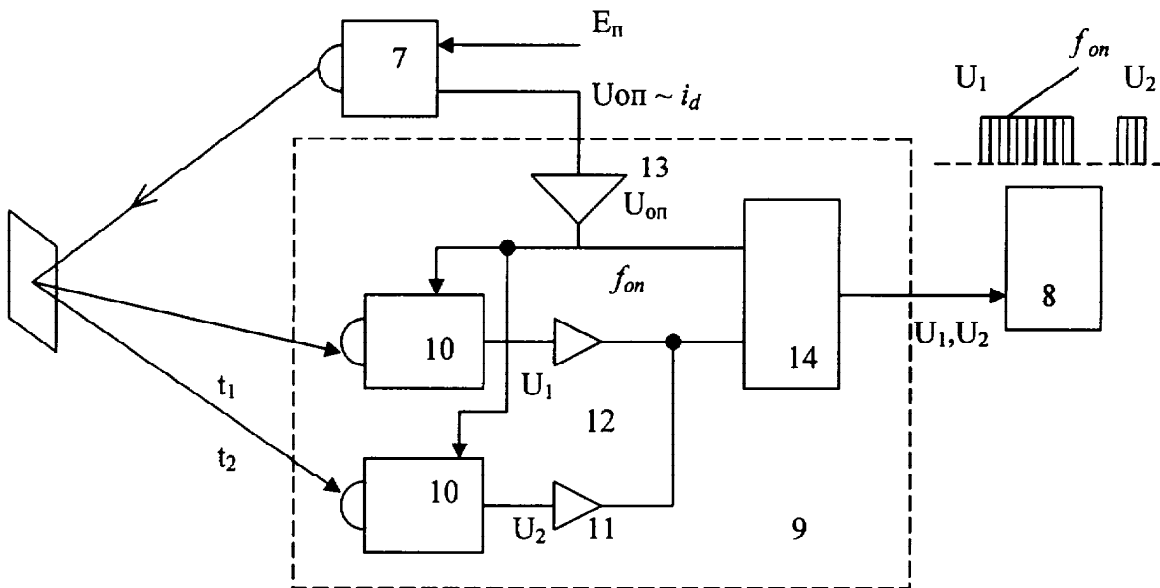
30

35

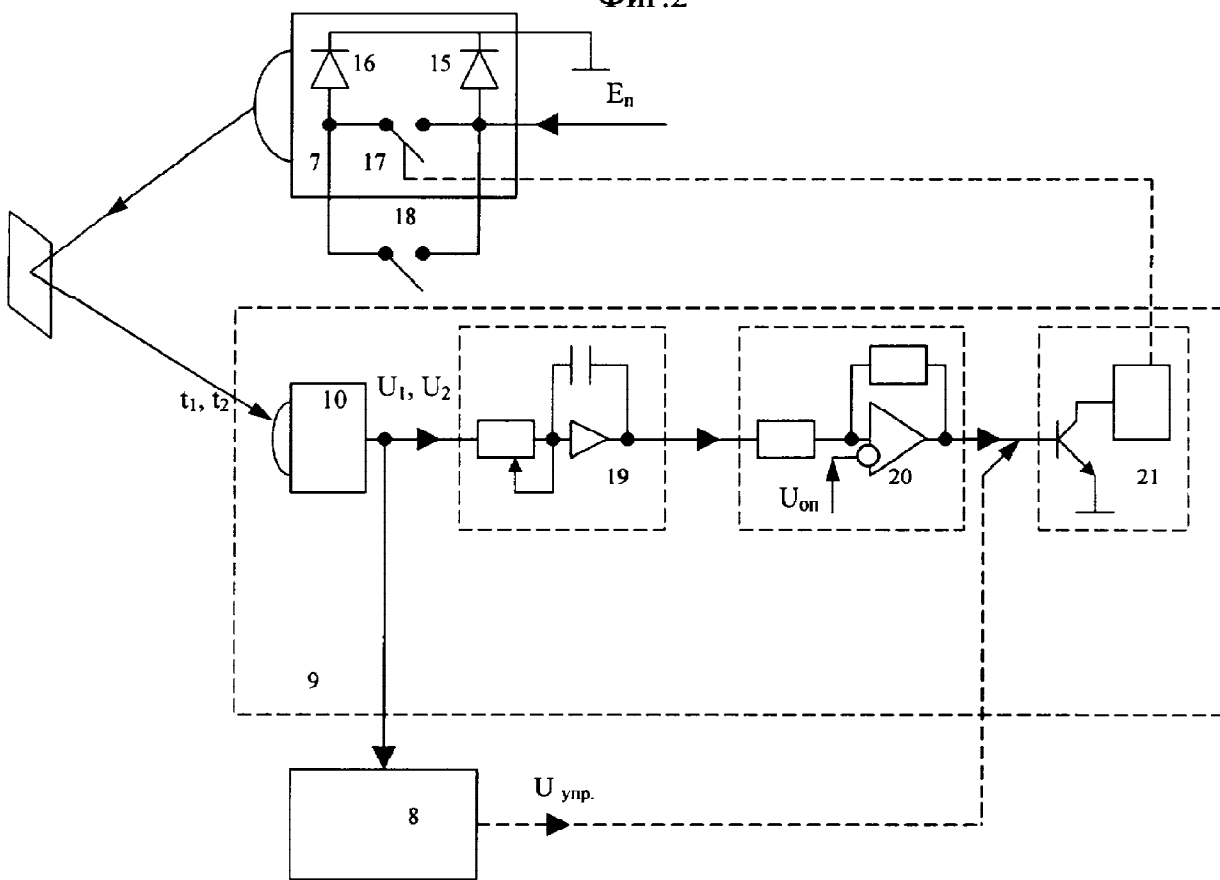
40

45

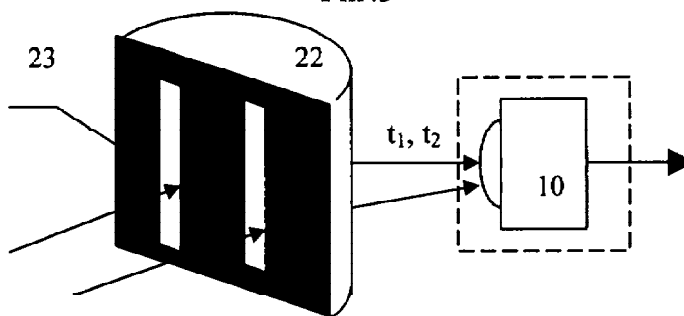
50



Фиг.2



Фиг.3



Фиг. 4





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

**(12) ИЗВЕЩЕНИЯ К ПАТЕНТУ НА ИЗОБРЕТЕНИЕ**

---

**ММ4А Досрочное прекращение действия патента из-за неуплаты в установленный срок пошлины за поддержание патента в силе**

Дата прекращения действия патента: **29.06.2009**

Дата публикации: **10.03.2011**

---

**RU 2 349 898 C 1**

**RU 2 349 898 C 1**