



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2014111713/28, 26.03.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
26.03.2014

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 26.03.2014

(45) Опубликовано: 27.04.2015 Бюл. № 12

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: PHILIPPI I., BATSALE J.-C., MAILLET D., DEGOVANNI A., "MEASUREMENT OF THERMAL DIFFUSIVITIES THROUGH PROCESSING OF INFRARED IMAGES", REVIEW OF SCIENTIFIC INSTRUMENTS, 1995, VOL.66 (1), N1, стр.182-192. ВАВИЛОВ В.В., ТОРГУНАКОВ В.Г., НЕСТЕРУК Д.А., МАРИНЕТТИ С. и др., "ОПРЕДЕНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ ИК ТЕРМОГРАФИИ", ИЗВЕСТИЯ (см. прод.)

Адрес для переписки:

634050, г.Томск, пр. Ленина, 30, Национальный исследовательский Томский политехнический университет, отдел правовой охраны результатов интеллектуальной деятельности

(72) Автор(ы):

Вавилов Владимир Платонович (RU),
Чулков Арсений Олегович (RU),
Ширяев Владимир Васильевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

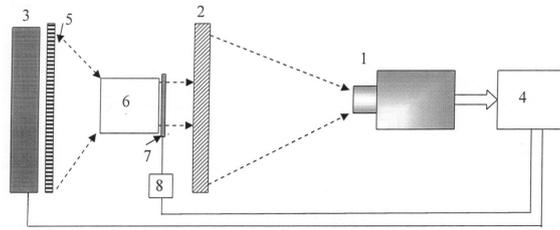
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Национальный исследовательский Томский политехнический университет" (RU)

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ БЕСКОНТАКТНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕМПЕРАТУРОПРОВОДНОСТИ ТВЕРДЫХ ТЕЛ

(57) Реферат:

Изобретение относится к бесконтактным методам исследований теплофизических характеристик твердых тел и может быть использовано для исследований теплофизических характеристик изделий, используемых в авиакосмической, машиностроительной и энергетической промышленности. Устройство для бесконтактного определения коэффициента температуропроводности твердых тел содержит плоский оптический нагреватель и тепловизор, подключенные к компьютеру, оптически непрозрачную маску для формирования

пространственного поля нагрева. Устройство также дополнительно содержит оптический объектив, предназначенный для фокусирования теплового излучения плоского оптического нагревателя и оптически непрозрачную шторку, позволяющую открывать и закрывать тепловое излучение плоского оптического нагревателя в определенные моменты времени. Технический результат - повышение точности бесконтактного определения коэффициента температуропроводности твердых тел. 1 ил.



Фиг.1

(56) (продолжение):

ТОМСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА, 2006, Т,309, N2, стр.130-134. RU
 2502989 С1, 27.12. 2013. RU 2379668 С1, 20.01.2010. US 6542849 В2, 01.04.2003. US 7419298 В2, 02.09.2008

RU
 2549549
 С1

RU
 2549549
 С1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
G01N 25/18 (2006.01)
G01J 5/60 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2014111713/28, 26.03.2014

(24) Effective date for property rights:
26.03.2014

Priority:

(22) Date of filing: 26.03.2014

(45) Date of publication: 27.04.2015 Bull. № 12

Mail address:

634050, g.Tomsk, pr. Lenina, 30, Natsional'nyj
issledovatel'skij Tomskij politekhnicheskij
universitet, otdel pravovoj okhrany rezul'tatov
intelektual'noj dejatel'nosti

(72) Inventor(s):

Vavilov Vladimir Platonovich (RU),
Chulkov Arsenij Olegovich (RU),
Shirjaev Vladimir Vasil'evich (RU)

(73) Proprietor(s):

Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego
professional'nogo obrazovanija "Natsional'nyj
issledovatel'skij Tomskij politekhnicheskij
universitet" (RU)

(54) **DEVICE FOR CONTACTLESS DETERMINATION OF HEAT DIFFUSIVITY OF SOLID BODIES**

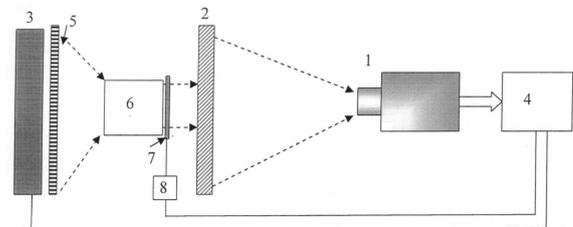
(57) Abstract:

FIELD: physics.

SUBSTANCE: device for contactless determination of heat diffusivity of solid bodies contains a flat optical heater and a thermal imager connected to a computer, optically opaque mask for formation of spatial heating field. The device also contains the optical lens intended for focusing of thermal radiation of the flat optical heater and optically opaque shutter allowing to open and close the thermal radiation of the flat optical heater in certain moments.

EFFECT: improvement of accuracy of contactless determination of heat diffusivity of solid bodies.

1 dwg



Фиг. 1

RU 2 549 549 C1

RU 2 549 549 C1

Изобретение относится к бесконтактным методам определения теплофизических характеристик твердых тел, в частности коэффициента температуропроводности. Изобретение может быть использовано для теплового неразрушающего контроля изделий в авиакосмической, машиностроительной и энергетической промышленности.

5 Известно устройство для определения коэффициента температуропроводности твердых материалов. Устройство относится к области тепловых измерений и может быть использовано при исследовании и разработке новых материалов, а также при тепловом неразрушающем контроле. Устройство содержит оптический импульсный источник нагрева исследуемого образца, формирователь импульса начала нагрева, измеритель температуры, измеритель временного интервала, измеритель толщины 10 исследуемого образца, квадратичный усилитель, множително-делительный цифроаналоговый преобразователь, индикатор. Тепловой поток от исследуемого образца поступает на измеритель температуры. По достижении максимума производной температуры цифровой код, соответствующий времени процесса теплопередачи, поступает на вход множително-делительного цифроаналогового преобразователя (МДЦАП). На аналоговый вход МДЦАП поступает сигнал, пропорциональный 15 толщине исследуемого образца. На выходе МДЦАП образуется значение коэффициента температуропроводности исследуемого образца, которое отображается индикатором (Патент RU №1465751 от. 01.06.87).

20 Основным недостатком технического решения является невозможность измерения компонент тензора температуропроводности в направлениях, перпендикулярных основному потоку нагрева, а также сложность конструкции.

Известно устройство для измерения температуропроводности материалов, содержащее импульсный источник нагрева, измеритель температуры, блок определения 25 максимального значения температуры, блок вывода индикатора, квадратичный усилитель, аналого-цифровой преобразователь, первый регистр, оперативное запоминающее устройство, контроллер, устройство сравнения, второй регистр. Квадратичный усилитель подключен между выходом измерителя температуры и первым входом блока определения максимального значения температуры, первый вход аналого-цифрового преобразователя соединен с выходом квадратичного усилителя, а второй 30 вход с первым выходом контроллера, оперативное запоминающее устройство соединено шинами управления и адреса записи/считывания с контроллером и шиной данных с аналого-цифровым преобразователем. Вход данных первого регистра подключен к шине данных, а вход записи к выходу блока определения максимального значения температуры и к первому входу контроллера, первый вход устройства сравнения 35 подключен к выходу первого регистра со сдвигом на разряд, а второй вход к выходу оперативного запоминающего устройства, вход данных второго регистра подключен к шине адреса записи/считывания, вход записи подключен к выходу устройства сравнения, а выход к входу блока вывода, выход схемы сравнения соединен с вторым 40 входом блока определения максимального значения температуры и вторым входом контроллера, третий вход контроллера соединен с входом импульсного источника нагрева и кнопкой пуска (Патент RU №1318886, от.23.06.87).

Основным недостатком технического решения является сложность предложенной конструкции.

45 Известно устройство для определения температуропроводности твердого тела при нестационарном тепловом режиме. Устройство содержит источники инфракрасного излучения, осуществляющие воздействия на переднюю лицевую поверхность твердого тела. Система термопреобразователей служит для регистрации температурного поля

твердого тела в течение нестационарного теплового режима, определяемого расчетным способом. По экспериментальным данным строят одномерное нестационарное температурное поле твердого тела. По результатам построения температурного поля твердого тела в режиме нагрева и дифференциальному уравнению теплопроводности вычисляют коэффициент температуропроводности твердого тела (Патент RU №2502989 от 12.07.2012).

Основным недостатком технического решения является невозможность измерения компонент тензора температуропроводности в направлениях, перпендикулярных основному потоку нагрева, контактный характер регистрации температурного поля при сравнительно большой постоянной времени (более долей секунды), что не позволяет применять его для измерений на тонких и высокотеплопроводных материалах, где тепловые процессы протекают в течение долей секунды.

Наиболее близким к заявляемому техническому решению является устройство для определения коэффициента температуропроводности твердых тел, описанное в статье: I. Philippi, J.-C. Batsale, D. Maillet, A. Degovanni "Measurement of thermal diffusivities through processing of infrared images", Review of Scientific Instruments, 1995, Vol. 66(1), No. 1. Данное устройство содержит оптический нагреватель для импульсного или непрерывного нагрева, например, на базе галогенных ламп, оптически непрозрачную маску для формирования необходимого поля нагрева в виде параллельных полос на поверхности объекта исследований, объект исследований, в особенности анизотропный композит, а также тепловизор.

Недостатком устройства является наличие оптически непрозрачной маски, которая размещена на небольшом расстоянии от поверхности объекта исследований (от долей до нескольких миллиметров). При использовании оптически непрозрачной маски такого типа необходимо вводить теплоизолирующий слой между оптически непрозрачной маской и объектом исследований для предотвращения теплопередачи между ними, которая приводит к «расплыванию» поля нагрева на поверхности объекта исследований и, следовательно, снижает точность измерений.

Задача заявляемого изобретения - повышение точности бесконтактного определения коэффициента температуропроводности твердых тел.

Устройство для бесконтактного определения коэффициента температуропроводности твердых тел, содержащее плоский оптический нагреватель, перед которым расположена оптически непрозрачная маска в виде прямоугольных полос, и тепловизор. Плоский оптический нагреватель и тепловизор подключены к компьютеру. Устройство дополнительно содержит оптический объектив, расположенный между оптически непрозрачной маской и оптически непрозрачной шторкой с устройством управления, подключенным к компьютеру. Оптически непрозрачная шторка расположена между оптическим объективом и исследуемым объектом и выполнена с возможностью открытия и последующего перекрытия сфокусированного оптическим объективом теплового излучения плоского оптического нагревателя.

На фиг. 1 схематично изображено устройство для бесконтактного определения коэффициента температуропроводности твердых тел, состоящее из тепловизора 1, используемого для регистрации теплового поля на обратной стороне объекта исследований 2, и плоского оптического нагревателя 3, используемого для создания теплового излучения, подключенных к компьютеру 4. Оптически непрозрачная маска 5 для формирования пространственного поля нагрева, состоящая из параллельных прямоугольных отверстий, расположена после плоского оптического нагревателя 3, излучаемого тепловую энергию для стимуляции поверхности объекта исследований 2.

Ширина отверстий оптически непрозрачной маски 5 для формирования пространственного поля нагрева, как правило, равна расстоянию между ними и определяется толщиной и температуропроводностью материала объекта исследований. Длину отверстий маски выбирают из условия обеспечения одномерного теплового потока в направлении вдоль отверстий. Для фокусировки теплового излучения плоского оптического нагревателя 3, проходящего через оптически непрозрачную маску 5, после оптически непрозрачной маски 5, формирующей пространственное поле нагрева, дополнительно установлен оптический объектив 6. Для перекрытия теплового излучения, испускаемого плоским оптическим нагревателем 3 до его выхода на режим, устройство для бесконтактного определения коэффициента температуропроводности твердых тел дополнительно оборудовано оптически непрозрачной шторкой 7 с устройством управления 8, подключенным к компьютеру 4, причем оптически непрозрачная шторка 7 размещена между оптическим объективом 6 и исследуемым объектом 2.

Устройство работает следующим образом.

- 15 - Оператор запускает программу для задания параметров бесконтактного определения коэффициента температуропроводности твердых тел, сбора и анализа записанных инфракрасных термограмм, управления и синхронизации работы тепловизора 1, плоского оптического нагревателя 3, используемого для создания теплового излучения, а также компьютера 4.
- 20 - После запуска программы тепловизор 1 начинает последовательную запись заданного числа инфракрасных термограмм с заданным интервалом времени. Интервал записи термограмм в тепловизоре 1 обычно составляет от 1/100 секунды до 1 секунды, а полное число записанных термограмм составляет от 10 до 1000.
- С учетом задаваемого оператором времени задержки плоский оптический нагреватель 3 начинает излучать тепловую энергию с однородным пространственным полем нагрева, которое преобразуется в полосовой нагрев, пройдя сквозь отверстия оптически непрозрачной маски 5 для формирования пространственного поля нагрева. Оптический объектив 6 фокусирует тепловое излучение плоского оптического нагревателя 3, преобразованное оптически непрозрачной маской 5 для формирования пространственного поля нагрева, на поверхность исследуемого объекта 2. Размер пятна от сфокусированного теплового излучения на исследуемом объекте зависит от размеров и характеристик оптического объектива. Оптически непрозрачная шторка 7 до подачи сигнала с компьютера 4 на устройство управления 8 перекрывает тепловое излучение, создаваемое плоским оптическим нагревателем 3, преобразованное оптически непрозрачной маской 5 для формирования пространственного поля нагрева и сфокусированное оптическим объективом 6. После истечения установленной временной задержки, необходимой плоскому оптическому нагревателю 3 для выхода на режим, оптически непрозрачная шторка 7 по сигналу с устройства управления 8 открывает тепловое излучение, преобразованное оптически непрозрачной маской 5 для формирования пространственного поля нагрева и сфокусированное оптическим объективом 6, в результате чего происходит пространственно-модулированный нагрев исследуемого объекта 2.
- После истечения времени, необходимого для нагрева исследуемого объекта 2 до требуемой температуры, плоский оптический нагреватель 3 выключается.
- 45 - После истечения времени, необходимого для завершения протекания тепловых процессов в объекте исследования 2, тепловизор 1 прекращает последовательную запись термограмм.
- Результатом проведения процедуры бесконтактного определения коэффициента

температуропроводности является последовательность инфракрасных термограмм, отражающая изменение пространственно-модулированного температурного поля исследуемого объекта 2. Анализ данной последовательности проводят по известным алгоритмам с использованием соответствующих математических формул. В частности, «сквозную» компоненту температуропроводности определяют по методу Паркера, однако в основном предлагаемое устройство предназначено для определения «поперечных» компонент температуропроводности, то есть в направлениях, перпендикулярных основному потоку нагрева.

Ключевым моментом определения «поперечных» компонент температуропроводности является обеспечение пространственно-модулированного поля нагрева с использованием оптически непрозрачной маски для формирования пространственного поля нагрева. В устройстве-прототипе такую маску размещают на расстоянии 0,5-1 мм от поверхности объекта исследования, причем между маской и объектом исследования размещают теплоизолирующую прокладку для исключения нагрева объекта исследования самой маской. При этом края полос нагрева на поверхности объекта исследований (при использовании полосовой маски) имеют размытый характер, что приводит к погрешностям определения температуропроводности по вышеописанному методу, который предусматривает «прямоугольный» характер изменения потока нагрева на границе отверстий маски.

В предлагаемое устройство, помимо оптически непрозрачной маски, для формирования пространственного поля нагрева добавлены оптический объектив 6 и оптически непрозрачная шторка 7. Оптически непрозрачная шторка 7 позволяет открывать и перекрывать сфокусированное оптическим объективом 6 тепловое излучение плоского оптического нагревателя 3, обеспечивая «прямоугольный» характер изменения потока нагрева во времени. Оптический объектив 6 позволяет модулировать тепловой поток нагрева на поверхности объекта исследования 2 с сохранением «прямоугольного» характера потока нагрева в пространстве. Таким образом обеспечиваются требования к изменениям потока нагрева во времени и пространстве, предъявляемые используемым расчетным алгоритмом, в результате чего повышается точность определения всех трех компонент тензора температуропроводности.

Формула изобретения

Устройство для бесконтактного определения коэффициента температуропроводности твердых тел, содержащее плоский оптический нагреватель, перед которым расположена оптически непрозрачная маска, выполненная с отверстиями в виде прямоугольных полос, и тепловизор, причем плоский оптический нагреватель и тепловизор подключены к компьютеру, отличающееся тем, что дополнительно содержит оптический объектив, расположенный между оптически непрозрачной маской и оптически непрозрачной шторкой с устройством управления, подключенным к компьютеру, причем оптически непрозрачная шторка расположена между оптическим объективом и исследуемым объектом с возможностью открытия и последующего перекрытия сфокусированного оптическим объективом теплового излучения плоского оптического нагревателя.