



(51) МПК  
*G01K 11/00* (2006.01)  
*G01N 21/21* (2006.01)  
*G01J 4/00* (2006.01)  
*G01J 5/00* (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

*G01J 5/0003* (2006.01); *G01J 5/007* (2006.01); *G01N 21/21* (2006.01); *G01K 11/00* (2006.01); *G01J 4/00* (2006.01)

(21)(22) Заявка: 2017104846, 14.02.2017  
 с присоединением заявки №2015150219

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
 14.02.2017

Дата регистрации:  
 09.07.2018

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 14.02.2017

(23) Дата поступления дополнительных материалов  
 к ранее поданной заявке: 23.11.2016,  
 2015150219 23.11.2015

(45) Опубликовано: 09.07.2018 Бюл. № 19

Адрес для переписки:  
 660036, г. Красноярск, Академгородок, 50, стр.  
 38, ИФ СО РАН, патентный отдел

(72) Автор(ы):

Косырев Николай Николаевич (RU),  
 Лященко Сергей Александрович (RU),  
 Шевцов Дмитрий Валентинович (RU),  
 Варнаков Сергей Николаевич (RU),  
 Яковлев Иван Александрович (RU),  
 Тарасов Иван Анатольевич (RU),  
 Заблуда Владимир Николаевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное  
 научное учреждение "Федеральный  
 исследовательский центр "Красноярский  
 научный центр Сибирского отделения  
 Российской академии наук" (RU)

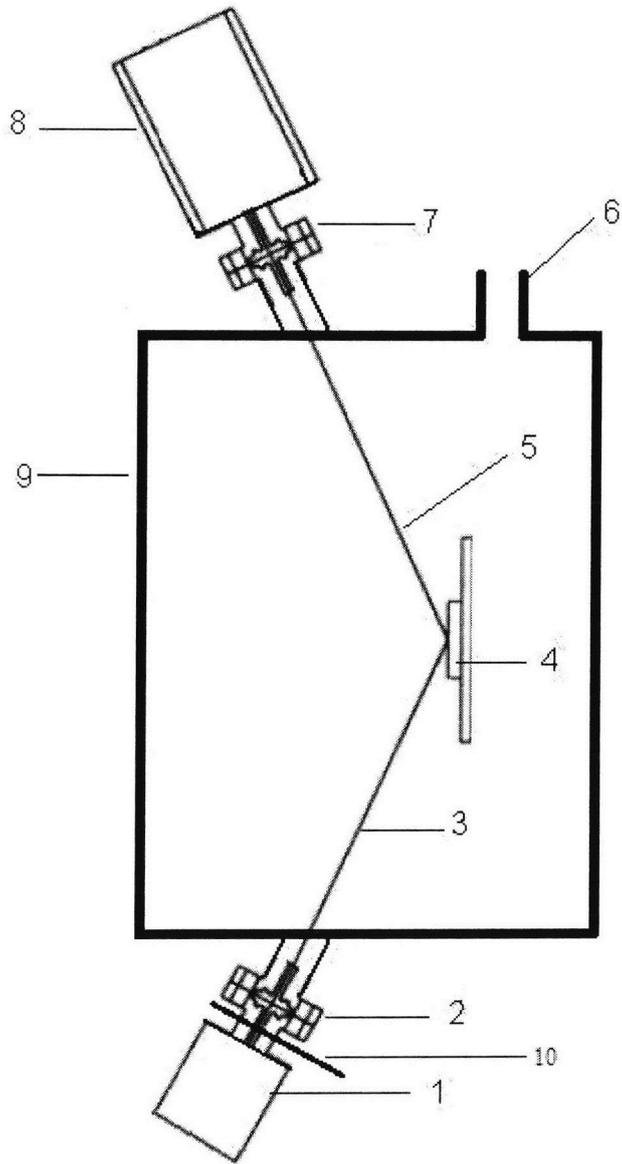
(56) Список документов, цитированных в отчете  
 о поиске: US 5313044 A, 17.05.1994. US  
 20150219497 A1, 06.08.2015. US 5501637 A,  
 26.03.1996; US 6583875 B1, 24.06.2003. SU  
 694774 A1, 30.10.1979. CN 103674252 A,  
 26.03.2014.

(54) СПОСОБ БЕСКОНТАКТНОГО ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ IN SITU

(57) Реферат:

Изобретение относится к измерительной технике, а именно к технике измерения физической температуры объекта по температурным изменениям его оптических постоянных, и может быть использовано для дистанционного измерения температуры объекта в промышленности, медицине, биологии, в физических исследованиях и др. Заявлен способ бесконтактного измерения температуры in situ, заключающийся в том, что образец освещают поляризованным светом и измеряют изменение интенсивности при отражении. В процессе измерения регистрируют отраженное от поверхности образца электромагнитное излучение с длиной волны в диапазоне 300-900 нм. Анализируют изменение интенсивности после

отражения и находят температуру, решая следующее уравнение:  $M(T)=F(T)$ , где  $M(T)$  - среднее арифметическое данных об интенсивности со всех четырех фотоприемников эллипсометра, зависящее от температуры,  $F(T)$  - функция, вид которой зависит от исследуемого материала. Новым является то, что для зондирующего пучка задают состояние линейной поляризации с поворотом  $0^\circ$  и накапливают массив данных для дальнейшего усреднения, а также то, что предложенный способ позволяет измерять температуру образца от температуры 4 К до его термического разрушения. Технический результат - повышение точности измерения температуры in situ независимо от структуры отражающей поверхности и при температурах до 4 К. 2 ил.



ФИГ. 1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*G01K 11/00* (2006.01)  
*G01N 21/21* (2006.01)  
*G01J 4/00* (2006.01)  
*G01J 5/00* (2006.01)

**(12) ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

*G01J 5/0003* (2006.01); *G01J 5/007* (2006.01); *G01N 21/21* (2006.01); *G01K 11/00* (2006.01); *G01J 4/00* (2006.01)

(21)(22) Application: **2017104846**, **14.02.2017**  
with connected application(s) 2015150219

(24) Effective date for property rights:  
**14.02.2017**

Registration date:  
**09.07.2018**

Priority:

(22) Date of filing: **14.02.2017**

(23) Date of filing the supplementary materials of the  
earlier submitted application: **23.11.2016**,  
**2015150219 23.11.2015**

(45) Date of publication: **09.07.2018** Bull. № 19

Mail address:

**660036, g. Krasnoyarsk, Akademgorodok, 50, str.  
38, IF SO RAN, patentnyj otdel**

(72) Inventor(s):

**Kosyrev Nikolaj Nikolaevich (RU),  
Lyashchenko Sergej Aleksandrovich (RU),  
Shevtsov Dmitrij Valentinovich (RU),  
Varnakov Sergej Nikolaevich (RU),  
Yakovlev Ivan Aleksandrovich (RU),  
Tarasov Ivan Anatolevich (RU),  
Zabluda Vladimir Nikolaevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe byudzhethnoe  
nauchnoe uchrezhdenie "Federalnyj  
issledovatel'skij tsentr "Krasnoyarskij nauchnyj  
tsentr Sibirskogo otdeleniya Rossijskoj akademii  
nauk" (RU)**

**(54) METHOD OF NONCONTACT MEASUREMENT OF TEMPERATURE IN SITU**

(57) Abstract:

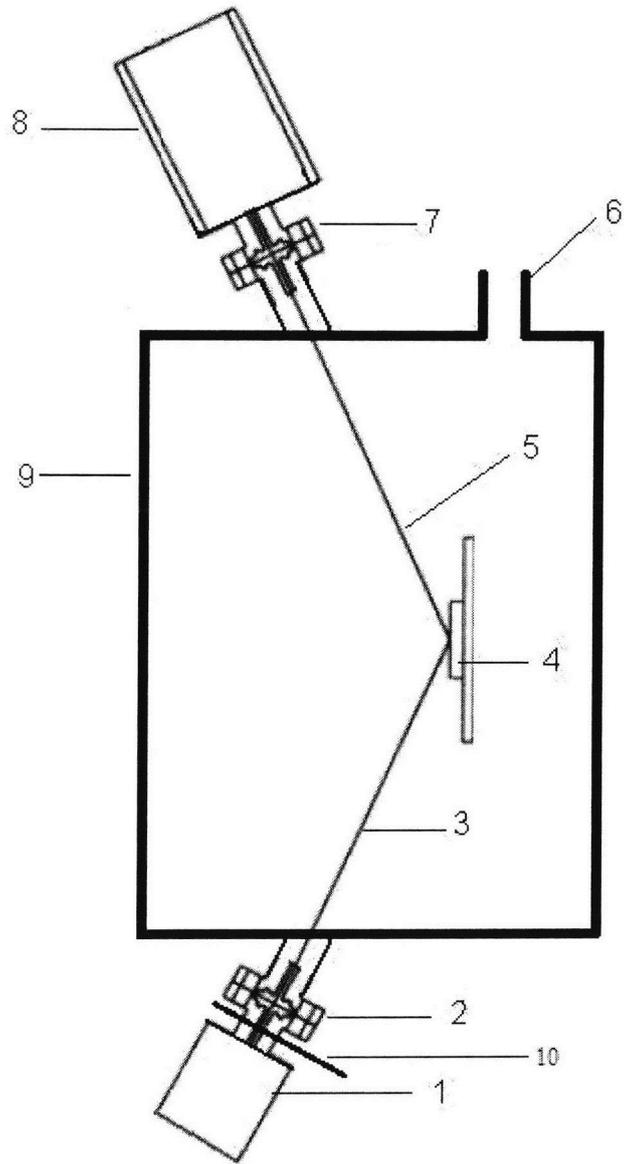
FIELD: measuring equipment.

SUBSTANCE: invention relates to a measuring technique, namely to a technique for measuring the physical temperature of an object from the temperature variations of its optical constants, and can be used for remote measurement of the temperature of an object in industry, medicine, biology, in physical studies, etc. Method for contactless measurement of the temperature in situ is claimed, which consists in that the sample is illuminated with polarized light and the intensity change is measured in reflection. During the measurement, electromagnetic radiation reflected from the sample surface with a wavelength in the range of 300–900 nm is recorded. Analyze the intensity change after reflection and find the temperature, solving the following

equation:  $M(T)=F(T)$ , where  $M(T)$  is the arithmetic average of the intensity data from all four photodetectors of the ellipsometer, which depends on the temperature,  $F(T)$  is a function whose form depends on the material being studied. It is new that for the probing beam a state of linear polarization with rotation  $0^\circ$  and accumulate an array of data for further averaging, and also that the proposed method makes it possible to measure the sample temperature from a temperature of 4 K to its thermal destruction.

EFFECT: increased accuracy of measuring the temperature in situ regardless of the structure of the reflecting surface and at temperatures up to 4 K.

1 cl, 2 dwg



ФИГ. 1

Изобретение относится к измерительной технике, а именно к технике измерения физической температуры объекта по температурным изменениям его оптических постоянных, и может быть использовано для дистанционного измерения температуры объекта в промышленности, медицине, биологии, в физических исследованиях и др.

5 Известно дистанционное измерение температуры поверхности объекта, основанное на измерении температуры двух участков поверхности объекта, одну из которых выбирают в качестве опорной и по отношению к которой вычисляют дифференциальную излучательную способность и физическую температуру объекта [US 2007047615 A1, МПК G01G 5/08, опубл. 2007-03-01]. Этот способ позволяет повысить точность  
10 измерений за счет исключения влияния фона и помех, однако для реализации предложенного способа необходимо использовать яркостный пирометр, который должен работать в достаточно близких спектральных интервалах, в которых спектральные излучательные способности объекта принимаются равными. Кроме того, необходимым условием является достаточно близкое расположение друг к другу  
15 сигнальной и опорной поверхностей исследуемого объекта, что на практике не всегда возможно. Это ограничивает практическое применение предложенного способа.

Наиболее близким техническим решением к заявляемому является способ по патенту [US 5313044, МПК B23K 26/03, G01N 21/21, опубл. 17.05.1994 г. (прототип)]. Этот способ позволяет измерять состояние поляризации при отражении в видимом спектральном  
20 диапазоне и, следовательно, по измеренным эллипсометрическим параметрам  $\psi$  и  $\Delta$  находить значение комплексного показателя преломления. Недостатками данного способа являются необходимость точной настройки оптической схемы эллипсометра для измерения температурной зависимости комплексного показателя преломления и использование специфических эллипсометрических моделей отражающей поверхности  
25 в случае многослойного или шероховатого образца. Также к существенному недостатку можно отнести то, что способ предполагает измерение температуры только при нагревании выше  $0^{\circ}\text{C}$ .

Технический результат изобретения заключается в повышении точности измерения температуры *in situ* независимо от структуры отражающей поверхности и при  
30 температурах до 4 К.

Технический результат достигается тем, что в способе бесконтактного измерения температуры *in situ*, заключающемся в том, что образец освещают поляризованным светом и измеряют изменение интенсивности при отражении, в процессе измерения регистрируют отраженное от поверхности образца электромагнитное излучение с  
35 длиной волны в диапазоне 300-900 нм, анализируют изменение интенсивности после отражения, находят температуру, решая следующее уравнение:  $M(T)=F(T)$ , где

$M(T)$  - среднее арифметическое данных об интенсивности со всех четырех фотоприемников эллипсометра, зависящее от температуры,

$F(T)$  - функция, вид которой зависит от исследуемого материала, новым является то,  
40 что для зондирующего пучка задают состояние линейной поляризации с поворотом  $0^{\circ}$ , что накапливают массив данных для дальнейшего усреднения, а также то, что предложенный способ позволяет измерять температуру образца от температуры 4 К до его термического разрушения.

Это отличие позволяет сделать вывод о соответствии заявляемого технического решения критерию «новизна». Признаки, отличающие заявляемое техническое решение от прототипа, не выявлен в других технических решениях при изучении данной и смежной областей техники и, следовательно, обеспечивает заявляемому решению соответствие критерию «изобретательский уровень».

На фиг. 1 представлена схема магнитоэллипсометрического комплекса *in situ*, работающего в широком диапазоне температур.

На фиг. 2 показана зависимость среднего по всем сигналам с фотоприемников эллипсометра от температуры, полученная в процессе выполнения эксперимента.

5 Устройство для бесконтактного измерения температуры *in situ* (Фиг. 1) состоит из источника линейно поляризованного света 1, входного сверхвысоковакуумного окна 2, исследуемого образца 4, выходного сверхвысоковакуумного окна 7, блока регистрации состояния интенсивности 8, сверхвысоковакуумной камеры 9, магистрали для откачки 6, обтюратора 10.

10 Измерения температуры происходят следующим образом. Источник линейно поляризованного света 1 генерирует зондирующее излучение 3, причем угол поворота плоскости поляризации относительно плоскости падения равен  $0^\circ$  и, проходя через входное сверхвысоковакуумное окно 2, попадает внутрь сверхвысоковакуумной камеры 9 и затем падает на поверхность исследуемого образца 4. Падающий, линейно  
15 поляризованный световой пучок отражается от поверхности образца с изменением интенсивности, обусловленным температурным воздействием на образец. Так как падающий свет поляризован в плоскости падения, то при изменении температуры образца и, как следствие, его оптических постоянных изменяется его отражательная  
20 способность. Отраженный от образца луч 5, выходя из высоковакуумной камеры через высоковакуумное окно 7, поступает в блок регистрации интенсивности 8. При этом оптические измерения проводят при двух положениях обтюратора 10, который перекрывает оптический тракт для учета фоновой засветки. Анализируя состояние интенсивности результирующего пучка, находят температуру  $T$ , решая следующее уравнение:

$$25 \quad M(T)=F(T), \quad (1)$$

где  $M(T)$  - среднее арифметическое данных об интенсивности со всех четырех фотоприемников эллипсометра, зависящее от температуры,

$F(T)$  - функция, вид которой зависит от исследуемого материала [Магунов А.Н. Лазерная термометрия твердых тел. - М.: Физматлит, 2001].

30 Заявляемый бесконтактный способ измерения температуры обладает следующими преимуществами:

- высоким быстродействием, которое определяется только типом приемника излучения и схемой обработки электрических сигналов. Современный уровень  
35 электронных устройств позволяет достичь значения постоянной времени до  $10^{-3}$  с;
- возможностью измерения температуры движущихся объектов (при условии организации следящей системы) и элементов, находящихся под высоким напряжением;
- возможностью измерения высоких температур, при которых применение контактных средств измерения либо невозможно, либо время их работы невелико;
- 40 - возможностью измерения низких температур до 4 К, при которых применение пирометров технически труднореализуемо, а применение контактных методов дает большие погрешности;
- возможностью работы в условиях вакуума, агрессивных газовых сред, радиации и повышенной температуры окружающей среды при пространственном разнесении анализирующего приемника и сопутствующей электроники при помощи  
45 оптоволоконного кабеля.

#### (57) Формула изобретения

Способ бесконтактного измерения температуры *in situ*, заключающийся в том, что

образец освещают поляризованным светом и измеряют изменение интенсивности при отражении, в процессе измерения регистрируют отраженное от поверхности образца электромагнитное излучение с длиной волны в диапазоне 300-900 нм, анализируют изменение интенсивности после отражения, находят температуру, решая следующее

5 уравнение:  $M(T)=F(T)$ , где

$M(T)$  - среднее арифметическое данных об интенсивности со всех четырех фотоприемников эллипсометра, зависящее от температуры,

$F(T)$  - функция, вид которой зависит от исследуемого материала,

10 отличающийся тем, что для зондирующего пучка задают состояние линейной поляризации с поворотом  $0^\circ$ , что накапливают массив данных для дальнейшего усреднения, а также тем, что предложенный способ позволяет измерять температуру образца от температуры 4 К до его термического разрушения.

15

20

25

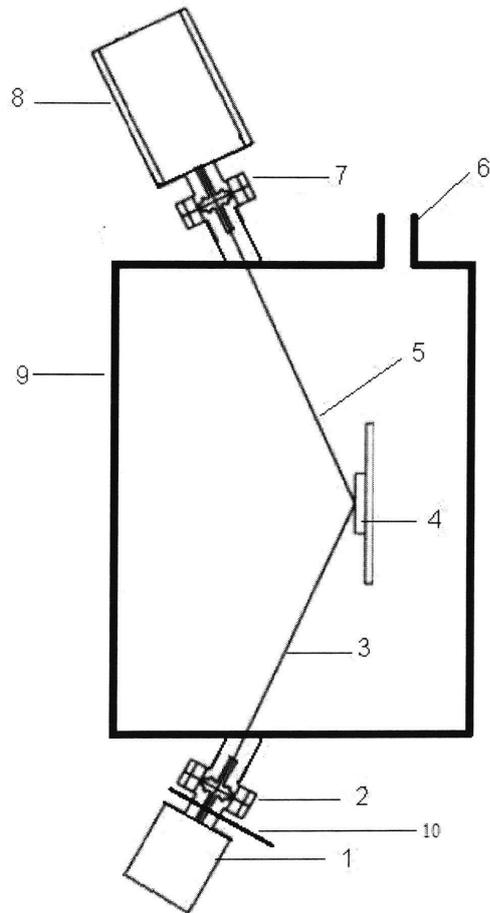
30

35

40

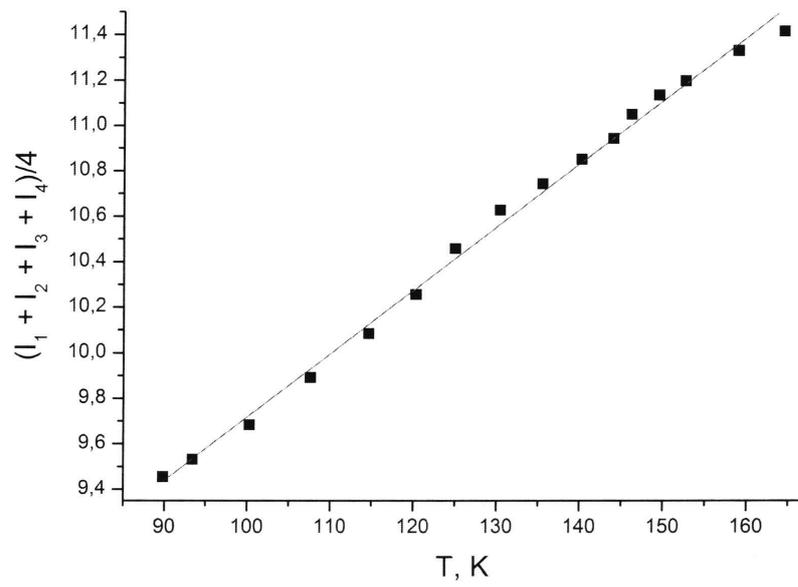
45

Способ бесконтактного измерения температуры in situ



ФИГ. 1

Способ бесконтактного измерения температуры in situ



ФИГ. 2