



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **116015** (13) **U**
(51) МПК (2017.01)
G01J 5/00

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2016 09689	(72) Винахідник(и): Жуков Леонід Федорович (UA), Петренко Дмитро Олександрович (UA), Корнієнко Андрій Леонідович (UA)
(22) Дата подання заявки: 20.09.2016	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 10.05.2017	(73) Власник(и): ФІЗИКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ МЕТАЛІВ ТА СПЛАВІВ НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ, бул. Вернадського, 34/1, м. Київ-142, 03680 (UA)
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.05.2017, Бюл.№ 9	

(54) СПОСІБ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ

(57) Реферат:

Спосіб вимірювання температури включає визначення умовних температур об'єкта та розрахунок за умовними температурами його дійсної температури. На робочих хвилях пірометром вимірюють дві однокольніорові умовні температури для реального розподілу випромінювальної здатності об'єкта, що термометрують, по них визначають дві однокольніорові умовні температури для дзеркального розподілу випромінювальної здатності об'єкта на тих же довжинах хвиль. При цьому значення випромінювальної здатності на першій робочій хвилі для реального розподілу приймають рівним значенню на другій робочій хвилі для дзеркального розподілу, а значення випромінювальної здатності на другій робочій хвилі для реального розподілу приймають рівним значенню на першій робочій хвилі для дзеркального розподілу. Після цього за однокольніоровими умовними температурами розраховують двокольніорові умовні температури - "реальну" та "дзеркальну", за якими розраховують зворотне значення температури об'єкта як середнє арифметичне зворотних значень двокольніорових умовних температур, за яким, в свою чергу, знаходять значення дійсної температури об'єкта.

UA 116015 U

Корисна модель належить до області оптичної термометрії та може бути використана для вимірювань дійсної температури (T) об'єктів з невідомою та випадково змінною випромінювальною здатністю (ϵ).

Відомий спосіб вимірювання температури (патент України № 76096, МПК G01J5/00. Спосіб вимірювання температури /Л.Ф. Жуков, А.Л. Корнієнко. Опубл. 25.12.2012, Бюл. № 24). Спосіб призначений для вимірювання дійсної температури об'єкта з невідомою і змінною випромінювальною здатністю шляхом вимірювань на симетрично розподілених по спектру трьох робочих хвилях трьох однокольорових умовних температур, які пов'язані з дійсною температурою об'єкта через його відповідні випромінювальні здатності на робочих хвилях трьома відповідними пірометричними рівняннями, для вирішення системи яких випромінювальну здатність на другій робочій хвилі замінюють середнім арифметичним випромінювальних здатностей на першій і третій робочих хвилях. Потім отриману систему трьох пірометричних рівнянь з трьома невідомими вирішують щодо дійсної температури об'єкта чисельним методом, для якого послідовні обчислення виконують для температур в діапазоні, обмеженому максимальною однокольоровою умовною температурою і максимально можливою технологічною температурою. До недоліків цього способу можна віднести те, що інструментальні похибки вимірювань температури об'єктів з найбільш характерними для металевих сплавів спадаючими лінійними розподілами випромінювальної здатності не перевищують похибок вимірювань однокольорових умовних температур тільки в тому випадку, якщо останні мають один знак. Суттєвий вплив на інструментальні похибки мають комбінації знаків похибок вимірювань однокольорових умовних температур, їх модулі, а також характер спектрального розподілу випромінювальної здатності об'єкта контролю. Для об'єктів зі зростаючими розподілами спостерігається перевищення інструментальних похибок над похибками вимірювань однокольорових умовних температур в декілька разів. На методичні похибки способу впливає не лінійність спектрального розподілу випромінювальної здатності об'єкта контролю.

Найбільш близьким до способу, що заявляється, є спосіб вимірювання температури (патент України № 54756, МПК G01J5/00. Спосіб вимірювання температури /Л.Ф. Жуков, А.В. Богдан. Опубл. 17.03.2003, Бюл. № 3), при якому вимірюють дві трикольорові чи більш високих порядків температури, одна з яких вища, а інша нижча за дійсну температуру об'єкта, що термометрують. Потім дійсну температуру об'єкта визначають як середнє арифметичне цих двох виміряних кольорових температур. При цьому ця рівність має місце лише для сполучених налагоджувальних хвиль і, відповідно, сполучених трикольорових температур.

Загальними суттєвими ознаками відомого та способу, що заявляється, є використання двох умовних температур, розташованих вище та нижче дійсної температури об'єкта.

Основний недолік способу полягає в високому рівні інструментальних похибок, на які впливають комбінації знаків та модулі похибок вимірювань відповідних однокольорових умовних температур, що обумовлює несиметричне відносно дійсної температури об'єкта зміщення трикольорових умовних температур. Іншим недоліком є складність визначення сполучених налагоджувальних хвиль. Лише виміряні на сполучених налагоджувальних хвилях сполучені кольорові температури забезпечують правильне визначення дійсної температури об'єкта. Методичні похибки цього способу в основному залежать від похибок визначення довжин сполучених налагоджувальних хвиль. Відхилення використовуваних при вимірюваннях налагоджувальних довжин хвиль від їх реальних сполучених значень визначають відхилення вимірюваних трикольорових температур від їх реальних значень і, відповідно, похибки вимірювань дійсної температури об'єкта. Ще одним недоліком способу є складність технічної реалізації, яка передбачає зміну сполучених умовних температур шляхом регулювання довжин налагоджувальних хвиль з фіксацією їх значень в момент еквідистантності умовних сполучених температур відносно дійсної температури об'єкта.

В основу корисної моделі поставлена задача підвищення точності вимірювань температури об'єктів з невідомою та змінною випромінювальними здатностями шляхом зниження інструментальних похибок і розширення, за рахунок цього, області застосування оптичної термометрії.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі вимірювання температури, який включає визначення умовних температур об'єкта та розрахунок за умовними температурами його дійсної температури, згідно з корисною моделлю, на робочих хвилях пірометром вимірюють дві однокольорові умовні температури для реального розподілу випромінювальної здатності об'єкта, що термометрують, по них визначають дві однокольорові умовні температури для дзеркального розподілу випромінювальної здатності об'єкта на тих же довжинах хвиль, при цьому значення випромінювальної здатності на першій робочій хвилі для реального розподілу

приймають рівним значенню на другій робочій хвилі для дзеркального розподілу, а значення випромінювальної здатності на другій робочій хвилі для реального розподілу приймають рівним значенню на першій робочій хвилі для дзеркального розподілу, після цього за однокольоровими умовними температурами розраховують двокольорові умовні температури - "реальну" та "дзеркальну", за якими розраховують зворотне значення температури об'єкта як середнє арифметичне зворотних значень двокольорових умовних температур, за яким, в свою чергу, знаходять значення дійсної температури об'єкта.

Спосіб вимірювання температури реалізується наступним чином. Пірометром вимірюють дві однокольорові умовні температури S_1 і S_2 на робочих хвилях λ_1 і λ_2 для реального розподілу випромінювальної здатності об'єкта, що термометрують. За даними вимірюваннями розраховують "реальну" двокольорову умовну температуру $S_{2ц}$ у відповідності з (1)

$$S_{2ц} = \frac{1}{\lambda_{экв} \left(\frac{1}{\lambda_1 \cdot S_1} - \frac{1}{\lambda_2 \cdot S_2} \right)}, \quad (1),$$

де $\lambda_{экв} = \frac{\lambda_1 \lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1}$ - еквівалентна довжина хвилі двокольорового пірометра.

Виміряні однокольорові умовні температури S_1 і S_2 за рівнями випромінювальної здатності сполучені з однокольоровими умовними температурами S'_1 і S'_2 для дзеркального розподілу, оскільки виконується умова рівності значень випромінювальної здатності на робочих хвилях для реального $\varepsilon_{рр}$ і дзеркального $\varepsilon_{зр}$ спектральних розподілів випромінювальної здатності об'єкта, що термометрують $[\varepsilon_{рр}(\lambda_1) = \varepsilon_{зр}(\lambda_2) = \varepsilon_1$ и $\varepsilon_{рр}(\lambda_2) = \varepsilon_{зр}(\lambda_1) = \varepsilon_2]$ (креслення).

За виміряними однокольоровими умовними температурами і формулами (2, 3) визначають однокольорові умовні температури для дзеркального розподілу випромінювальної здатності

$$S'_1 = \frac{S_2 C_2}{S_2 \ln \varepsilon_2 (\lambda_2 - \lambda_1) + C_2}; \quad (2)$$

$$S'_2 = \frac{-S_1 C_2}{S_1 \ln \varepsilon_1 (\lambda_2 - \lambda_1) - C_2} \quad (3)$$

де $C_2 = 0,014388 \text{ К} \cdot \text{м}$ - друга стала Планка.

Потім розраховують "дзеркальну" двокольорову умовну температуру

$$S'_{2ц} = \frac{1}{\lambda_{экв} \left(\frac{1}{\lambda_1 \cdot S'_1} - \frac{1}{\lambda_2 \cdot S'_2} \right)}. \quad (4)$$

Значення "реальної" та "дзеркальної" двокольорових умовних температур для випадку реального спадаючого розподілу випромінювальної здатності лежать відповідно вище та нижче дійсної температури об'єкта, а для випадку реального зростаючого розподілу - їх значення міняються місцями. Ці двокольорові умовні температури пов'язані з дійсною температурою об'єкта, що термометрують через його випромінювальну здатність і довжину еквівалентних хвиль наступним чином

$$\frac{1}{T} - \frac{1}{S_{2ц}} = \frac{\lambda_{экв}}{C_2} \ln \left(\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} \right); \quad (5)$$

$$\frac{1}{S'_{2ц}} - \frac{1}{T} = \frac{\lambda_{экв}}{C_2} \ln \left(\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} \right). \quad (6)$$

Із (5, 6) видно, що зворотні значення "реальної" та "дзеркальної" двокольорових умовних температур зміщені відповідно зворотному значенню дійсної температури об'єкта на однакову

величину $\frac{\lambda_{экв}}{C_2} \ln \left(\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} \right)$. При використанні для розрахунку дійсної температури об'єкта середнього арифметичного прямих значень двокольорових умовних температур результат буде обтяжений додатковою складовою методичної похибки

$$\Delta = \frac{S_{2ц} + S'_{2ц}}{2} - T = \frac{S_{2ц} S'_{2ц}}{T} - T, \quad (7)$$

яка залежить як від температури, так і від випромінювальної здатності об'єкта.

Тому, для виключення цієї складової при розрахунку дійсної температури використовують напівсуму зворотних значень двокольорових умовних температур

$$\frac{1}{T} = \frac{\frac{1}{S_{2\lambda}} + \frac{1}{S'_{2\lambda}}}{2} \Rightarrow T = \frac{2}{\frac{1}{S_{2\lambda}} + \frac{1}{S'_{2\lambda}}} \quad (8)$$

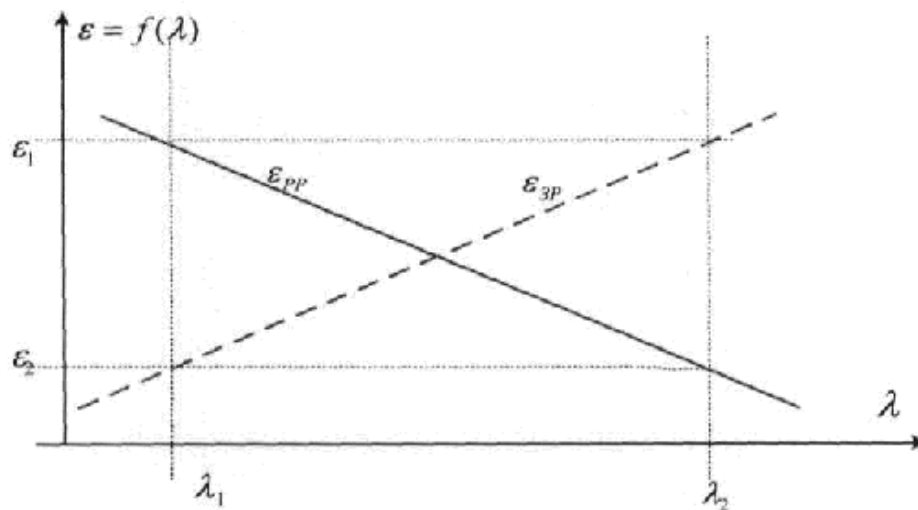
Наприклад, для вольфраму з $T = 1600 \text{ K}$, виміряні для реального розподілу випромінювальної здатності однокольорові умовні температури на $\lambda_1 = 0,7 \text{ мкм}$ і $\lambda_2 = 0,9 \text{ мкм}$, мають наступні значення: $S_1 = 1502,9 \text{ K}$; $S_2 = 1465,3 \text{ K}$.

На основі цих даних, розрахована у відповідності з (1) "реальна" двокольорова умовна температура $S_{2\lambda} = 1651,3 \text{ K}$. Визначені (2, 3) за виміряними S_1 і S_2 однокольорові умовні температури S'_1 і S'_2 для дзеркального розподілу випромінювальної здатності вольфраму відповідно дорівнюють 1493,2 і 1477,3 K. Розрахована (4) через S'_1 і S'_2 "дзеркальна" двокольорова умовна температура $S'_{2\lambda}$ дорівнює 1551,8 K. По двох двокольорових умовних температурах (8) отримано значення температури вольфраму T , що дорівнює 1600 K.

Запропонований спосіб дозволяє суттєво знизити інструментальні похибки при повному виключенні методичних. Інструментальні похибки способу практично дорівнюють похибкам вимірювань однокольорових умовних температур S_1 і S_2 при однакових їх знаках та модулях. Інструментальні похибки прототипу в цих же умовах будуть значно вищими. В прототипі використано дві трикольорові умовні температури, інструментальна похибка вимірювань кожної з котрих, як мінімум, в 3 рази перевищує похибки вимірювань однокольорових умовних температур. Наприклад, при $\delta_s = 0,2\%$ для вольфраму з $T = 1600 \text{ K}$ інструментальна похибка прототипу складає 1,24 %, запропонованого способу - 0,22 %, класичної термометрії спектрального відношення - 0,19 %. Однак при найбільш імовірних різних знаках та однакових модулях δ_s , зворотні значення "реальної" та "дзеркальної" двокольорових умовних температур симетрично зміщуються відносно зворотного значення дійсної температури об'єкта, що термометрують. При цьому інструментальні похибки запропонованого рішення стають нехтовно малими (0,002-0,02 %). В аналогічних умовах інструментальні похибки прототипу перевищують похибки вимірювань однокольорових температур в 15 і більше разів, а класичної спектрального відношення і симетрично-хвильової термометрії (аналог) - в 8 і 3 рази відповідно. На відміну від симетрично-хвильової термометрії, на інструментальні похибки запропонованого способу не впливає характер спектральних розподілів випромінювальної здатності об'єктів, що термометрують. Завдяки використанню двох робочих хвиль, реалізація способу можлива на серійних пірометрах спектрального відношення. Вказані переваги способу значно розширюють область застосування оптичної термометрії для терм контролю об'єктів з невідомими термометричними характеристиками.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб вимірювання температури, що включає визначення умовних температур об'єкта та розрахунок за умовними температурами його дійсної температури, який **відрізняється** тим, що на робочих хвилях пірометром вимірюють дві однокольорові умовні температури для реального розподілу випромінювальної здатності об'єкта, що термометрують, по них визначають дві однокольорові умовні температури для дзеркального розподілу випромінювальної здатності об'єкта на тих же довжинах хвиль, при цьому значення випромінювальної здатності на першій робочій хвилі для реального розподілу приймають рівним значенню на другій робочій хвилі для дзеркального розподілу, а значення випромінювальної здатності на другій робочій хвилі для реального розподілу приймають рівним значенню на першій робочій хвилі для дзеркального розподілу, після цього за однокольоровими умовними температурами розраховують двокольорові умовні температури - "реальну" та "дзеркальну", за яким розраховують зворотне значення температури об'єкта як середнє арифметичне зворотних значень двокольорових умовних температур, за яким, в свою чергу, знаходять значення дійсної температури об'єкта.



Комп'ютерна верстка Л. Литвиненко

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601