



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **87353** (13) **U**
(51) МПК (2014.01)
G01J 5/00

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2013 07161	(72) Винахідник(и): Жуков Леонід Федорович (UA), Корнієнко Андрій Леонідович (UA)
(22) Дата подання заявки: 06.06.2013	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 10.02.2014	(73) Власник(и): ФІЗИКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ МЕТАЛІВ ТА СПЛАВІВ НАН УКРАЇНИ, бул. Вернадського, 34/1, м. Київ-142, 03680 (UA)
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.02.2014, Бюл.№ 3	

(54) СПОСІБ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ

(57) Реферат:

Спосіб вимірювання температури включає вимірювання пірометром вихідних умовних одноколових температур об'єкта на симетрично розподілених по спектру трьох робочих хвилях і обчислення за виміряними умовними температурами його дійсної температури. Вимірювання умовних одноколових температур об'єкта проводять на робочих довжинах хвиль з найбільш стабільною або односторонньо узгоджено змінними на однакову величину випромінювальною здатністю і пропусканням проміжного середовища.

UA 87353 U

Корисна модель належить до області оптичної термометрії і може бути використана для вимірювань дійсної температури (T) об'єктів з лінійними та близькими до лінійних монотонними спадаючими і зростаючими опуклими і увігнутими розподілами з невідомою і випадково змінною випромінювальною здатністю (ϵ) та пропусканням проміжного середовища (τ).

Відомий спосіб вимірювання температури (пат. 54756 України, МПК G01J5/00. Спосіб вимірювання температури / Л.Ф. Жуков, А.В. Богдан. Опубл. 15.09.2005, Бюл. № 9, 2005 р.), при якому вимірюють дві триколіорові або більш високих порядків температури, одна з яких вище, а інша нижче дійсної температури об'єкта, що термометрується. Потім дійсну температуру об'єкта визначають як середнє арифметичне цих двох виміряних кольорових температур. Причому ця рівність має місце тільки для сполучених настроювальних хвиль і відповідно сполучених кольорових температур. До недоліків цього способу можна віднести складність необхідного визначення сполучених настроювальних довжин хвиль. Тільки виміряні на сполучених настроювальних хвилях зв'язані кольорові температури забезпечують однозначне визначення дійсної температури об'єкта. Похибки цього способу в основному залежать від похибок визначення довжин сполучених настроювальних хвиль. Відхилення використовуваних у вимірах настроювальних довжин хвиль від їх сполучених значень відповідно визначають відхилення вимірюваних кольорових температур від необхідних для розрахунку їх сполучених значень і відповідно похибки вимірювань дійсної температури.

Найбільш близьким до заявленого способу є спосіб вимірювання температури (пат. 76096 України, МПК G01J5/00. Спосіб вимірювання температури / Л.Ф. Жуков, А.Л. Корнієнко. Опубл. 25.12.2012, Бюл. № 24, 2012). Спосіб призначений для вимірювання дійсної температури об'єктів з невідомою і змінною випромінювальною здатністю шляхом вимірювань на симетрично розподілених по спектру трьох робочих хвилях трьох одноколіорових умовних температур, які пов'язані з дійсною температурою об'єктів через їх 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 відносно дійсної температури об'єктів чисельним методом, для якого послідовні обчислення виконують для температур в діапазоні, обмеженому максимальною одноколіоровою умовною температурою і максимально можливою технологічною температурою.

Спільними суттєвими ознаками відомого і способу, що заявляється, є вимірювання умовних одноколіорових температур об'єктів на симетрично розподілених по спектру трьох робочих хвилях з подальшим розрахунком за ними дійсної температури об'єктів, що термометруються.

Основний недолік відомого способу полягає в значному підвищенні похибок вимірювань за рахунок інструментальної складової. Відомий спосіб дозволяє значно зменшити лише методичну похибку і не зменшує інструментальну складову. Однак, істотне зниження методичних похибок відомого способу досягається при явному погіршенні його інструментальних складових, які, у свою чергу, визначаються інструментальними похибками вимірювань вихідних умовних одноколіорових температур об'єкта. Це визначає специфічні вимоги до метрологічних характеристик отримання первинної пірометричної інформації, в тому числі до обумовленої інструментальними складовими точності вимірювань вихідних одноколіорових температур випромінювання і розподіл цих похибок за робочими довжинами хвиль.

В основу корисної моделі поставлена задача підвищення точності вимірювання температури об'єктів з невідомими і змінними пропусканням проміжного середовища та випромінювальною здатністю з лінійними і монотонними нелінійними спадаючими і зростаючими, опуклими і увігнутими її розподілами. Причому, це підвищення точності досягається за рахунок зниження інструментальної складової похибки вимірювання.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі вимірювання температури, що включає вимірювання умовних одноколіорових температур об'єкта, що проводять на робочих довжинах хвиль з найбільш стабільною або односторонньо узгоджено змінними на однакову величину випромінювальною здатністю і пропусканням проміжного середовища, причому, згідно з корисною моделлю, вимірювання умовних температур виконують з похибками, які не перевищують допустиму похибку вимірювань дійсної температури, при цьому різниця між похибками вимірювань умовних температур на сусідніх довжинах хвиль не повинна перевищувати 0,3 і 0,2 % для монотонних та екстремальних розподілів цих похибок по довжинах робочих хвиль, а значення виміряних умовних температур повинні бути менше або більше їх реальних значень відповідно для опуклих і увігнутих спектральних розподілів випромінювальної здатності об'єктів, що термометруються.

Спосіб вимірювання температури реалізується наступним чином.

Для вимірювань дійсної температури об'єкта на симетрично розподілених по спектру трьох робочих хвилях λ_1 , λ_2 і λ_3 вимірюють три однокольорові умовні температури S_1 , S_2 і S_3 , які за законом Віна пов'язані з дійсною температурою об'єкта, що термометрується T через відому другу постійну Планка c_2 і відповідні випромінювальні здатності ε_1 , ε_2 і ε_3 . Причому, вимірювання умовних однокольорових температур об'єкта проводять на робочих довжинах хвиль з найбільш стабільною або односторонньо узгоджено змінними на однакову величину випромінювальною здатністю і пропусканням проміжного середовища, причому вимірювання умовних температур виконують з похибками, які не перевищують допустиму похибку вимірювань дійсної температури, при цьому різниця між похибками вимірювань умовних температур на сусідніх довжинах хвиль не повинна перевищувати 0,3 і 0,2 % для монотонних та екстремальних розподілів цих похибок по довжинах робочих хвиль, а значення вимірних умовних температур повинні бути менше або більше їх реальних значень відповідно для опуклих і увігнутих спектральних розподілів випромінювальної здатності об'єктів, що термометруються. Потім для цих вимірних умовних температур складають систему трьох пірометричних рівнянь з чотирма невідомими T , ε_1 , ε_2 і ε_3

$$\begin{cases} \frac{1}{T} - \frac{1}{S_1} = \frac{\lambda_1}{c_2} \cdot \ln(\varepsilon_1) \\ \frac{1}{T} - \frac{1}{S_2} = \frac{\lambda_2}{c_2} \cdot \ln(\varepsilon_2) \\ \frac{1}{T} - \frac{1}{S_3} = \frac{\lambda_3}{c_2} \cdot \ln(\varepsilon_3) \end{cases}$$

Симетричний розподіл робочих довжин хвиль забезпечує апіорну інформацію про ε_2 через ε_1 і ε_3 . Наприклад, при лінійних спадаючих і зростаючих розподілах випромінювальної здатності $\varepsilon_2 = (\varepsilon_1 + \varepsilon_3)/2$. Після підстановки $\varepsilon_2 = (\varepsilon_1 + \varepsilon_3)/2$ отриману систему можна привести до наступного рівняння

$$\frac{\lambda_2}{c_2} \cdot \ln \left[\frac{\left[\frac{(S_1 - T) \cdot c_2}{e^{S_1 \cdot T \cdot \lambda_1}} + e^{\frac{(T - S_2) \cdot c_2}{\lambda_3 \cdot T \cdot S_2}} \right]}{2} \right] - \frac{1}{T} + \frac{1}{S_3} = 0.$$

яке, як відомо, аналітично не вирішується. Тому, це рівняння вирішується чисельним методом, шляхом підбору значення T , при якому права частина рівняння дорівнює нулю. Причому, значення T вибираються в діапазоні, обмеженому максимальною однокольоровою умовною температурою і максимально можливою технологічною температурою. Відповідно до отриманих із закону Віна пірометричними рівняннями, дійсна температура T не може бути менше максимальної однокольорової умовної температури ($T \geq S_{n\max}$), так як $\varepsilon_n \leq 1$. При цьому

T також не може перевищувати максимально можливої для об'єкта, що термометрується технологічної температури. Цілком очевидно, що методичні похибки запропонованого способу вимірювань температури об'єктів з лінійними спадаючими і зростаючими, сірими і тим більше термодинамічно-рівноважними розподілами випромінювальної здатності визначаються дискретністю перебору значень T . При швидкодії сучасних мікропроцесорів цю дискретність можна встановити практично будь-якою, в тому числі в частках 1 К. Похибка вимірювань $\delta_{\text{ВИМ}}$ температури T містить методичну $\delta_{\text{МЕТ}}$ та інструментальну $\delta_{\text{ІНС}}$ складові ($\delta_{\text{ІНС}} = \delta_{\text{МЕТ}} + \delta_{\text{ІНС}}$) і може значно зростати за рахунок останньої. У свою чергу $\delta_{\text{ІНС}}$ визначається похибками вимірювань вихідних умовних однокольорових температур S_1 , S_2 і S_3 , так як методична складова для них дорівнює нулю. В значній мірі $\delta_{\text{ІНС}}$ залежить також і від розподілу похибок вимірювань S_1 , S_2 і S_3 за робочими довжинами хвиль λ_1 , λ_2 і λ_3 . Наприклад, для найбільш характерного для металів і їх сплавів спектрального розподілу випромінювальної здатності вольфраму $\delta_{\text{ВИМ}}$ в основному за рахунок $\delta_{\text{ІНС}}$ може досягати 5,48 % при значно нижчих похибках вимірювань S_1 , S_2 і S_3 ($\delta_{S1}=1,0$, $\delta_{S2}=0,2$ і $\delta_{S3}=1,0$ %). При вимірюваннях умовних однокольорових температур об'єкта на робочих довжинах хвиль з найбільш стабільною або односторонньо узгоджено

змінними на однакову величину випромінювальною здатністю і пропусканням проміжного середовища $\delta_{\text{ІНС}}$ знижуються до 0,2, 0,5 і 0,99 % для похибок вимірювань умовних температур відповідно 0,2, 0,5 і 1,0 %. Таким чином, $\delta_{\text{ІНС}}$ в цих умовах не перевищують похибки вимірювань умовних температур. Це вигідно відрізняє запропонований спосіб від відомих рішень у багатокольоровій термометрії і визначає його умови реалізації, при яких вимірювання умовних температур виконують з похибками, які не перевищують допустиму похибку вимірювань дійсної температури контрольованого об'єкта. Примітно, що за рахунок взаємної компенсації $\delta_{\text{МЕТ}}$ і $\delta_{\text{ІНС}}$ у зазначених випадках відповідно рівні 0,31, 0,01 і 0,48 %, тобто можуть бути додатково зменшені. Інструментальна похибка залежить від значень похибок вимірювань умовних температур S_1 , S_2 і S_3 і також значною мірою від їх розподілу за робочими довжинами хвиль λ_1 , λ_2 і λ_3 . При цьому різниця між похибками вимірювань умовних температур на сусідніх довжинах хвиль не повинна перевищувати 0,3 і 0,2 % для монотонних та екстремальних розподілів цих похибок по довжинах робочих хвиль. У цих випадках похибки для $\delta_{S1}=0,2$, $\delta_{S2}=0,2$, $\delta_{S3}=0,5$ і $\delta_{S1}=0,2$, $\delta_{S2}=0,4$, $\delta_{S3}=0,2$ % відповідно рівні 0,16 і 1,00 %, що цілком припустимо для технічних вимірювань температури. Для реалізації запропонованого способу значення вимірюваних умовних температур повинні бути менше або більше їх реальних значень відповідно для опуклих і увігнутих спектральних розподілів випромінювальної здатності об'єктів, що термометруються. У цих умовах похибки $\delta_{\text{ВІМ}}$ зменшуються відповідно від 0,71; 1,16 і 0,74; 1,46 % до 0,31; 0,76 і 0,34; 1,06 %, тобто в 1,3-2,3 рази. Для зниження інструментальних похибок зазначені вимоги до вимірювань вихідних умовних однокольорових температур забезпечуються заснованим на апріорно відомій інформації про ε і τ об'єкта, що термометрується вибором засобів пірометрії випромінювання і відповідно їх налаштуванням на λ_1 , λ_2 і λ_3 .

Використання запропонованого способу дозволяє, у порівнянні з відомим рішенням, знизити похибки вимірювань температури об'єктів з реальними розподілами випромінювальної здатності до рівня похибок вимірювань умовних температур, тобто з 5,48 до 0,20-1,00 % або практично не менш ніж у 5,5 рази, за рахунок запропонованої організації вимірювань вихідних умовних однокольорових температур S_1 , S_2 і S_3 на робочих довжинах хвиль λ_1 , λ_2 і λ_3 .

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб вимірювання температури, що включає вимірювання пірометром вихідних умовних однокольорових температур об'єкта на симетрично розподілених по спектру трьох робочих хвилях і обчислення за вимірюваними умовними температурами його дійсної температури, який **відрізняється** тим, що вимірювання умовних однокольорових температур об'єкта проводять на робочих довжинах хвиль з найбільш стабільною або односторонньо узгоджено змінними на однакову величину випромінювальною здатністю і пропусканням проміжного середовища, причому вимірювання умовних температур виконують з похибками, які не перевищують допустиму похибку вимірювань дійсної температури, при цьому різниця між похибками вимірювань умовних температур на сусідніх довжинах хвиль не повинна перевищувати 0,3 і 0,2 % для монотонних та екстремальних розподілів цих похибок по довжинах робочих хвиль, а значення вимірюваних умовних температур повинні бути менше або більше їх реальних значень відповідно для опуклих і увігнутих спектральних розподілів випромінювальної здатності об'єктів, що термометруються.

Комп'ютерна верстка Д. Шеверун

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

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