



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **65897** (13) **U**
(51) МПК
G01J 5/08 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ

1

(21) а201005529

(22) 06.05.2010

(24) 26.12.2011

(46) 26.12.2011, Бюл. № 24, 2011 р.

(72) ЖУКОВ ЛЕОНІД ФЕДОРОВИЧ, ЛІТВІНОВ
ЛЕОНІД АРКАДІЙОВИЧ(73) ФІЗИКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ
МЕТАЛІВ ТА СПЛАВІВ НАН УКРАЇНИ(57) Пристрій для вимірювання температури, що
містить стаціонарно встановлений у футерівку печі

2

монокристалічний корундовий світловод і оптично пов'язаний з ним пірометр випромінювання, який відрізняється тим, що світловод виконаний з лейкосапфірового, вирощеного методом Степанова, зі швидкістю росту від 5 до 20 мм/год., циліндричного, з діаметром від 3 до 5 мм стержня, причому геометрична вісь світловоду орієнтована відносно до головної кристалографічної осі С монокристала під кутом $90 \pm 5^\circ$, при цьому пірометр має робочий спектральний діапазон у межах від 0,4 до 1,1 мкм.

Корисна модель належить до термометрії і може бути використана для безперервного вимірювання температури розплавів, газових середовищ і футерівки у металургійних та нагрівальних печах і інших теплотехнічних агрегатах.

Відомий пристрій для вимірювання температури розплаву, котрий містить колірний пірометр і світловодний блок, що включає складовий світловод, трубку з вогнетривкого матеріалу та проміжної засипки (А. с. 1067373, СРСР, МПК G01K7/04). Основні недоліки цього пристрою пов'язані з тим, що складовий світловод та з'єднувальна втулка, до матеріалу та експлуатаційних характеристик якої висуваються високі вимоги, значно ускладнюють конструкцію світловодного блока та відповідно знижують надійність його роботи в футерівці теплотехнічних агрегатів та особливо металургійних печей. Крім того, складова конструкція значно знижує потрібне для світловодної термометрії високе направлене пропускання теплового випромінювання світловодом та в складних умовах не забезпечує необхідну стабільність цього пропускання. Рівень та стабільність пропускання знижуються через втрати випромінювання при його відбиванні, поглинанні, заломленні та розсіюванні на стикових торцях стрижнів і в проміжках між ними за рахунок їх відносного зміщення й запилення.

Найбільш близьким до пристрою, що заявляється, є пристрій для вимірювання температури розплавів, що містить рубіновий, з 0,01-0,1 % хрому, світловод, геометрична вісь якого орієнтована відносно до головної кристалографічної осі С рубіну під кутом $20-60^\circ$ і пірометр з робочим спектра-

льним діапазоном від 0,64 до 3,00 мкм (а. с. 1126064, СССР, МПК G01J5/08 опубл. 1990).

Загальними суттєвими ознаками відомого і пристрою, що заявляється, є стаціонарно встановлений у футерівці печі монокристалічний корундовий іммерсійний світловод і оптично зв'язаний з ним пірометр випромінювання.

Головні недоліки прототипу зумовлені виконанням світловоду з рубіну з орієнтацією $20-60^\circ$ відносно кристалографічної осі і робочим спектральним діапазоном пірометра 0,64-3,00 мкм. Вплив температурного уширення і зсуву полоси поглинання іонами хрому у рубіні, при його нагріванні, розповсюджується у інфрачервону область до 1,15 мкм і далі. Наприклад, при цілком нормальних у футерівці печі температурах 50, 100, 900 °С пропускання рубіну з вмістом хрому 0,05 % на довжинах хвиль 0,53 і 1,15 мкм зменшується відповідно на 25; 60; 99 і 1; 3; 25 %. Такі зміни пропускання у запропонованому робочому спектральному діапазоні пірометра 0,64-3,00 мкм визначають значні методичні і інструментальні, за рахунок зменшення первинного сигналу детектора випромінювання, похибки іммерсійної світловодної термометрії. Крім того, орієнтація $20-60^\circ$ не забезпечує максимально можливе і потребує для зниження термометричних похибок пропускання монокристалічного корундового світловоду.

В основу корисної моделі поставлена задача вдосконалення пристрою для вимірювання температури, в якому шляхом використання монокристалічного корундового світловоду та пірометра із заданими характеристиками забезпечується мак-

(19) **UA** (11) **65897** (13) **U**

симально можливе стабільне пропускання світловоду в оптимальному діапазоні світловодної пірометрії випромінювання. За рахунок цього зменшуються методичні та інструментальні похибки світловодних вимірювань температури. Крім того, при цьому значно зменшується вартість світловоду за рахунок виключення операцій механічної обробки його бокової поверхні та спрощення захисного армування.

Поставлена задача вирішується тим, що в пристрої для вимірювання температури, що містить стаціонарно встановлений у футерівку печі монокристалічний корундовий світловод і оптично пов'язаний з ним пірометр випромінювання, згідно з корисною моделлю, світловод виконаний з лейкосапфірового, вирощеного методом Степанова, зі швидкістю росту від 5 до 20 мм/год., циліндричного, з діаметром від 3 до 5 мм стержня, причому геометрична вісь світловоду орієнтована відносно до головної кристалографічної осі С монокристала під кутом $90 \pm 5^\circ$, при цьому пірометр має робочий спектральний діапазон у межах від 0,4 до 1,1 мкм.

У запропонованому пристрої стаціонарно встановлений у футерівці печі у контакт з контрольованим середовищем, імерсійний циліндричний з діаметром від 3 до 5 мм лейкосапфіровий світловод формує і передає на пірометр випромінювання, термометричні параметри якого однозначно зв'язані з температурою імерсійного кінця. Чистий α -корунд (лейкосапфір) не містить домішки, що спотворюють пропускання світловоду і впливають на термометричні похибки. Циліндрична форма забезпечує найбільш просте вирощування методом Степанова і подальше виготовлення світловодів і, перш за все, їх механічну обробку та захисне армування. Зазвичай лише одна операція шліфування бокової поверхні світловоду, яка випускається, приблизно на 10 % знижує його собівартість. Цілком очевидно, що циліндрична форма світловоду також найбільш технологічна для операції захисного армування. При діаметрі світловоду 3-5 мм досягається достатня для стабільного детектування інтенсивності світловодного випромінювання. Зі збільшенням діаметра понад 5 мм посилюється вплив випромінювальної здатності імерсійного кінця на термометричні похибки, знижується термостійкість світловоду і збільшується його собівартість. Використання світловодів з діаметром менше 3 мм обмежується низькою інтенсивністю світловодного випромінювання. Зі зниженням швидкості вирощування стержня зменшується кількість оптичних неоднорідностей у лейкосапфірі і по експоненті підвищується його пропускання. Наприклад, при зниженні швидкості від 60 до 20 мм/год. пропускання у видимій і ближній інфрачервоній областях спектра для усіх кристалографічних напрямків підвищується у 2-10 разів. При швидкостях більше 20 мм/год. починає помітно зменшуватись пропускання, а швидкості менше 5 мм/год. неприпустимо знижують продуктивність процесу вирощування і незначно збільшують пропускання. Тому швидкості росту необхідно втримувати у межах від 5 до 20 мм/год. Початкове направлення пропускання лейкосапфірових світловодів також суттєво залежить від їх

орієнтації. При однакових швидкостях вирощування різниця у пропусканні електромагнітного випромінювання у видимій і ближній інфрачервоній областях спектра для різних кристалографічних напрямків досягає 30 %. При цьому потрібне максимальне пропускання мають світловоди з орієнтацією $\langle 1120 \rangle$, коли їхня геометрична вісь орієнтована відносно до головної кристалографічної осі С монокристала під кутом 90° . При вирощуванні лейкосапфірових стержнів за методом Степанова практично неможливо витримати цю ідеальну орієнтацію. Реальні відхилення від оптимальної орієнтації у 90° знаходяться у межах $\pm 5^\circ$. Такі припустимі технологією вирощування відхилення несуттєво зменшують максимально можливе пропускання. Працюючи у спектральному діапазоні від 0,4 до 1,1 мкм кремнієві фотонні детектори випромінювання за своїми спектральними характеристиками є найбільш придатними для вимірювання середніх температур - технологічних температур більшості металургійних та нагрівних печей. Крім того, кремнієві детектори характеризуються високою температурою, часовою стабільністю і спектральною чутливістю, а також їх робочий діапазон добре узгоджується зі спектральними характеристиками пропускання лейкосапфіру. Тому пірометр пристрою має робочий спектральний діапазон у межах від 0,4 до 1,1 мкм.

Суть корисної моделі пояснюється кресленням, де зображена схема пристрою.

Пристрій містить стаціонарно встановлений у футерівці 1 імерсійним кінцем 2 у контакт з розплавом 3 лейкосапфіровий циліндричний вирощений методом Степанова світловод 4 з захисною арматурою 5 і пірометр випромінювання 6.

Пристрій працює наступним чином.

Випромінювання імерсійного кінця 2, термометричні параметри якого однозначно зв'язані з вимірюваною температурою розплаву 3, світловодом 4 передається через футерівку 1 на пірометр 6. Арматура 5 захищає бічну поверхню світловоду від впливу футерівки 1 і проникаючих через неї продуктів плавки. Світловод 4 виконано з вирощеного зі швидкістю 5-20 мм/год. під кутом до головної кристалографічної осі С $90 \pm 5^\circ$ лейкосапфірового стержня і тому має мінімальну кількість оптичних неоднорідностей і відповідно максимально можливе направлення пропускання у робочому спектральному діапазоні 0,4-1,1 мкм. Зазвичай товщина футерівки значно (більше ніж у 10 разів) перебільшує діаметр світловоду. Тому розподіл температур по довжині світловоду 4 і товщині футерівки 1 кількісно і якісно практично співпадають і знаходяться між температурами розплаву 3 і зовнішньої поверхні тигля. Максимально направлення пропускання світловоду 4 забезпечується при мінімально можливій кількості оптичних неоднорідностей, які змінюють термометричні параметри інформативного випромінювання імерсійного кінця 2 за рахунок його поглинання і розсіювання. Крім того, неоднорідності є джерелом попадаючого у пірометр 6 фонового випромінювання, яке формується із їхнього залежного від температури світловоду власного, а також відбитого і розсіяного ними випромінювання. Таким чином світловод 4 забез-

печує потрібне максимально можливе стабільне пропускання випромінювання імерсійного кінця 2, що реєструється пірометром 6.

Таким чином, у запропонованому пристрої у порівнянні з прототипом розміщений у футерівці печі світловод має максимально можливе стабільне пропускання у робочому спектральному діапазоні пірометра, не потребує додаткової механічної обробки і за рахунок цього забезпечує зниження методичних та інструментальних похибок світло-

водних вимірювань температури при більш низькій собівартості.

Відповідність заявленої корисної моделі критерію "Промислове використання" підтверджується тим, що приведені у даному описі технічні рішення реалізовані у виготовлених для ЗАТ "Ровенський ливарний завод" світловодних системах безперервного контролю температури рідкого чавуну у індуктивних міксерних та розливних печах.

