



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **105700** (13) **C2**

(51) МПК (2014.01)

G01K 7/02 (2006.01)

G01K 13/00

G05D 23/22 (2006.01)

F27B 1/09 (2006.01)

F27B 17/00

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

<p>(21) Номер заявки: а 2012 13070</p> <p>(22) Дата подання заявки: 16.11.2012</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 10.06.2014</p> <p>(41) Публікація відомостей про заяву: 27.08.2013, Бюл.№ 16</p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.06.2014, Бюл.№ 11</p>	<p>(72) Винахідник(и): Кочан Орест Володимирович (UA), Кочан Роман Володимирович (UA), Кочан Володимир Володимирович (UA)</p> <p>(73) Власник(и): Кочан Орест Володимирович, вул. Львівська, 7/3, м. Тернопіль, 46027 (UA), Кочан Роман Володимирович, вул. Яворницького, 14/21, м. Львів, 29006 (UA), Кочан Володимир Володимирович, вул. Львівська, 7/3, м. Тернопіль, 46027 (UA)</p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: RU 2202747 C2; 20.04.2003 RU 2294 U1; 16.06.1996 SU 495594 A1; 15.12.1975 SU 1840355 A; 10.10.2006 JP 2010153164 A; 08.07.2010 KR 20040092552 A; 04.11.2004 US 4646578; 03.03.1987 UA 95875 C2; 12.09.2011 Кочан О.В. Термоелектричний перетворювач з керованим профілем температурного поля: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.11.04 - прилади і методи вимірювання теплових величин / О.В. Кочан. - Львів, 2011. - 22 стор. Блинов И.Г., Кожитов Л.В. Оборудование полупроводникового производства. - М.: Машиностроение, 1986. - 264 с. - С. 139-151.</p>
--	--

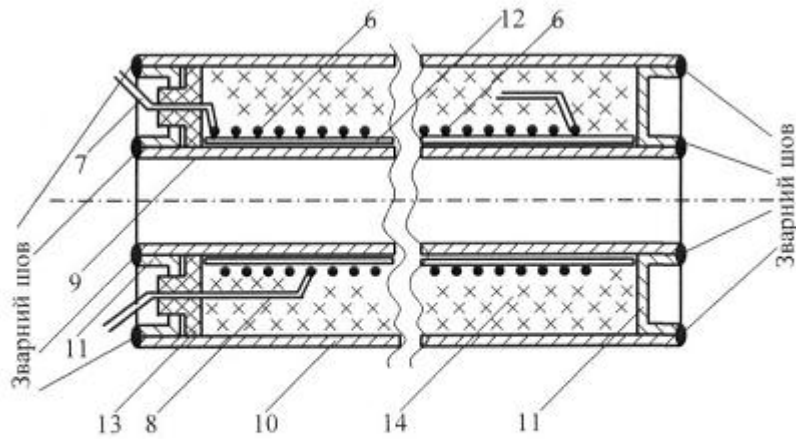
UA 105700 C2

(54) ПІЧ З КЕРОВАНИМ ПРОФІЛЕМ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ

(57) Реферат:

Піч з керованим профілем температурного поля використовується в комплекті з термоелектричними перетворювачами (ТЕП) для усунення впливу на результат вимірювання температури набутої в процесі експлуатації термоелектричної неоднорідності електродів термопар. Складається з трубчатого корпусу, теплоізоляції та циліндричного спірального нагрівача, поділеного відводами на окремі секції та виконаного із металу або сплаву, що відповідає одному з термоелектродів термопар контролю температури окремих зон, а відводи -

із металу або сплаву, що відповідає іншому термоелектроду. Ізоляція нагрівача від корпусу - тонкостінний керамічний циліндр, на який нагрівач одягається з натягом. Може застосовуватися при тривалому вимірюванні середніх і високих температур за допомогою ТЕП в умовах значних ($10\text{ }^{\circ}\text{C}$ і більше) змін профілю температурного поля об'єкта (наприклад, в котлах теплових електростанцій при дії погодних умов - опади, вітер, сонце, пори року та дня). Дозволяє зменшити експлуатаційний запас похибки вимірювального каналу - при її використанні похибка від набутої термоелектричної неоднорідності термопари не може себе проявити.



Конструкція пропонуваної печі з керованим профілем температурного поля

Fig. 2

Пропонований пристрій належить до допоміжних засобів забезпечення прецизійного вимірювання середніх та високих температур і призначений для використання в комплекті з первинними вимірювальними перетворювачами (давачами, сенсорами) на базі термопар (термоелектричних перетворювачів, ТЕП), зокрема, у високоточних системах вимірювання, контролю та керування температурою різних термоагрегатів, особливо тих, в яких, в процесі їх експлуатації, під дією нагрівачів, об'єктів термообробки або зовнішніх впливаючих величин, змінюється профіль температурного поля, що приводить до зміни розподілу температурного поля вздовж термоелектродів ТЕП.

Основою ТЕП є термопара [1], що являє собою два провідники (термоелектроди), виготовлені з різних металів або сплавів, з'єднані (спаяні, зварені або склепані) одними з кінців (це з'єднання називають робочим кінцем). Інші, не з'єднані між собою кінці, називають вільними кінцями. ТЕП [1, 2] звичайно містить термопару, захисний чохол, ізоляційні (звичайно, керамічні) втулки (буси) та головку, в якій розміщені контакти (клеми), до яких під'єднують вільні кінці термопари і які служать виходом ТЕП (з їх допомогою останній вмикається у вимірювальне коло). Різні типи ТЕП забезпечують вимірювання температури в діапазоні від мінус 200 до 2500 °С. Порівняно з іншими давачами, ТЕП забезпечують на сьогодні вищу точність вимірювання температур вище 700 °С в промисловості, на транспорті та наукових дослідженнях, у тих випадках, коли, через властивості об'єкта вимірювання (відмінність властивостей об'єкта від абсолютно чорного тіла) або оточуючого середовища (присутність диму або парів, відсутність прямого оптичного доступу), оптичні пірометри (які вимірюють температуру за випромінюванням об'єкта вимірювання) мають високі методичні похибки.

Однак границя основної допустимої похибки термопар досить велика. Наприклад, для термопар типу ПП (платина - платина + 10 % родію), що на сьогодні мають найвищу точність, границя основної допустимої похибки при 1000 °С досягає 2,4 °С [2, 3]. Термопари з неблагородних металів мають в 2...3 рази вищі похибки. Наприклад, для широко вживаних термопар типу ХА (хромель - алюмель) границя основної допустимої похибки при 1000 °С досягає 7,4 °С [2, 3].

Для підвищення точності вимірювання температури використовують індивідуальну функцію перетворення (ФП) ТЕП, для чого проводять його перевірку, визначають індивідуальні поправки і, при експлуатації, виконують корекцію похибки ТЕП за допомогою цих поправок [4]. Але цей метод вимагає досить частої перевірки ТЕП через відносно значний часовий дрейф ФП термопар під дією високої температури експлуатації [2, 5, 6]. Причиною дрейфу є деградаційні процеси, які протікають у термоелектродах під дією високих температур і часу експлуатації [7].

Слід відзначити, що перехід до індивідуальної ФП може не дати значного підвищення точності при використанні термопар, які довго перебували в експлуатації. Це пов'язано з явищем набутої термоелектричної неоднорідності термоелектродів [7]. Справа в тому, що швидкість дрейфу ФП термопар значною мірою визначається температурою, при якій вони експлуатуються [5, 6]. Тому різні ділянки електродів термопар, які знаходяться в зоні градієнта температурного поля (тобто ті ділянки, які генерують термо-е.р.с.), дрейфують по-різному. Якщо ділянки, що експлуатувалися при одній температурі (якій відповідало деяке значення дрейфу ФП кожної ділянки), в результаті зміни профілю температурного поля об'єкта вимірювання температури перейдуть в іншу температуру, то зміняться значення їх дрейфу. Це означає, що зміниться сумарна термо-е.р.с. термопари, незважаючи на те, що температура робочого і вільних кінців не змінилася. Таке явище називається похибкою від набутої в процесі тривалої експлуатації термоелектричної неоднорідності електродів термопар. Ця похибка вважається одною з найбільш небезпечних [8], її наявність привела до надто категоричного висновку, що похибку термопар коригувати взагалі неможливо [9].

Однак в подальшому запропоновано ряд методів [10-14] зменшення впливу похибки від набутої термоелектричної неоднорідності термопар. Одним з найбільш ефективних заходів є створення вздовж термоелектродів термопари власного профілю температурного поля, незалежного від профілю температурного поля об'єкта вимірювання [12, 15]. В такому випадку профіль температурного поля вздовж термоелектродів не міняється (навіть при зміні профілю температурного поля об'єкта вимірювання температури), тому похибка від набутої термоелектричної неоднорідності не може себе проявити. Такий ТЕП з керованим профілем температурного поля (ТЕП з КПТП) [15] особливо доцільно використовувати для вимірювання температури великих термоагрегатів, які експлуатуються при сталій робочій температурі, однак вплив зовнішніх умов може змінювати профіль їх температурного поля (до таких об'єктів можна віднести, наприклад, котли теплових електростанцій).

Недоліком запропонованого в [15] ТЕП з КПТП є те, що він є спеціалізованим давачем температури, його конструкція не сумісна з тими ТЕП, які випускаються серійно. Крім того,

пропонована в [15] конструкція є доволі складною. Таким чином, необхідно створити пристрій, який забезпечить керований профіль температурного поля, але не буде входити в склад ТЕП. Такий пристрій повинен годитися для керування профілем температурного поля ТЕП, які випускаються серійно. Він буде являти собою піч з керованим профілем температурного поля, розміщену в зоні температурного градієнта стандартизованого ТЕП, що вимірює температуру об'єкта.

Прототипом пропонованої печі з керованим профілем температурного поля є дифузійна піч для проведення технологічних процесів дифузії, епітаксії та окислення при виготовленні кристалів інтегральних мікросхем [16]. В такій печі проводиться керування профілем температурного поля для забезпечення рівної температури партії кремнієвих пластин, що проходять термообробку. Згідно з прототипом конструкція печі з керованим профілем температурного поля може бути спрощена за рахунок використання циліндричного спірального нагрівача, поділеного на секції виконаними від нього відводами (таке технічне рішення використано в конструкції дифузійної печі).

Однак пряме виведення нагрівачів окремих секцій та відповідних їм давачів температури (додаткових термопар) з складу ТЕП з КПТП [15] створює додаткові проблеми. Справа в тому, що відводи, які ділять циліндричний спіральний нагрівач на окремі секції, а також виводи термопар контролю профілю температурного поля, виведені на поверхню циліндричного корпусу дифузійної печі. Для пропонованої печі з керованим профілем температурного поля таке рішення неприйнятне. Піч з керованим профілем температурного поля для усунення впливу змін градієнта температурного поля об'єкта на профіль температурного поля ТЕП, що вимірює температуру цього об'єкта, мусить розміщуватися в зоні градієнта температурного поля об'єкта, тобто в його стінці (див. фіг. 1). Таким чином як відводи нагрівача, так і вільні кінці термопар, що контролюють температуру окремих секцій, мусять бути виведені на зовнішній торець циліндричного корпусу пропонованої печі з керованим профілем температурного поля. В такому випадку розміщення великої кількості ізоляційних втулок вимагає відносно великої площі, тобто нераціонального збільшення діаметра пропонованої печі.

Задачею винаходу є спрощення конструкції печі з керованим профілем температурного поля, яка забезпечує стабілізацію профілю температурного поля вздовж термоелектродів стандартизованого ТЕП, що вимірює температуру об'єкта, для усунення впливу на результат вимірювання температури похибки від набутої в процесі тривалої експлуатації термоелектричної неоднорідності його термоелектродів.

Задача винаходу вирішується тим, що циліндричний спіральний нагрівач печі з керованим профілем температурного поля поділено відводами на окремі секції. Нагрівач і один з його виводів, а також відводи нагрівача виконані з термоелектродних матеріалів, які в парі створюють термопару. Наприклад, нагрівач і один з його виводів виконано з хромелю, а відводи нагрівача - із алюмелю. Тоді нагрівач (разом з виводом) в парі з кожним відводом представляє собою термопару - давач температури відповідної секції. Для ізоляції нагрівача від корпусу він одягнений з натугою на тонкостінний керамічний циліндр.

В результаті виконання нагрівача та відводів з різних термоелектродних матеріалів отримуємо поєднання секційного нагрівача та давачів температури його секцій. За рахунок такого суміщення різко зменшується необхідна кількість ізоляційних втулок печі. Якщо прийняти кількість секцій за n , то для ТЕП з КПТП [15] потрібно $4n$ ізоляційних втулок, для дифузійної печі - $3n+1$ ізоляційних втулок, а для пропонованої печі - $n+1$ ізоляційних втулок. Наприклад, для 10-ти секцій, для ТЕП з КПТП [15] потрібно 40 ізоляційних втулок, для дифузійної печі - 31 ізоляційну втулку, а для пропонованої печі - 11 ізоляційних втулок. Крім того, конструкція пропонованої печі різко спрощується за рахунок відсутності власне давачів температури окремих секцій (термопар та їх ізоляційних втулок) та елементів їх кріплення. Таке спрощення викликано власне суміщенням нагрівачів та давачів температури секцій.

Конструкцію пропонованої печі з керованим профілем температурного поля пояснюють фіг. 1 і 2. На фіг. 1 представлено розміщення пропонованої печі 1 в стінці термоагрегата 2, температуру якого вимірює стандартизований ТЕП 3. Піч 1 кріпиться до стінки термоагрегата 2, наприклад, шляхом посадки на високотемпературну замазку (наприклад, суміші пудри окису алюмінію з рідким склом) або з допомогою фланця 4. ТЕП 3 кріпиться до печі 1, наприклад, з допомогою накидної гайки та фланця 5.

На фіг. 2 представлено конструкцію пропонованої печі з керованим профілем температурного поля. Циліндричний спіральний нагрівач 6 виконано з термоелектродного матеріалу одного типу, наприклад, з хромелю. Один з його виводів, наприклад, 7 - також з хромелю. Тоді відводи 8 виконують з протилежного термоелектродного матеріалу, в даному випадку з алюмелю. Таким чином, вивід 7, разом з кожним іншим відводом, являє собою

термопару типу хромель-алюмель (ХА). Тому окремі давачі температури секцій непотрібні - вони суміщені з нагрівачем 6. Вивід і відводи нагрівача виходять з корпусу печі з однієї торцевої сторони.

5 Циліндричний спіральний нагрівач 6 вимагає ізоляції від корпусу печі, який створюють внутрішня труба 9, зовнішня труба 10 та кришки 11. Ізоляцію найкраще забезпечити з допомогою тонкостінного (товщина стінки 1...2 мм) керамічного циліндра 12, на який нагрівач одягається з легким натягом. Натяг можна забезпечити за рахунок намотування нагрівача на циліндричну оправку дещо меншого (на 1...2 мм) діаметра, ніж зовнішній діаметр керамічного циліндра 12. Тоді нагрівач одягається на керамічний циліндр шляхом його пружного "розкручування".

10 Вивід 7 і відводи 8 нагрівача 6 ізолювані від корпусу печі з допомогою керамічних втулок 13. Ці втулки мають грибовидну форму, тому вони не можуть зміщуватися відносно корпусу печі - їх зміщення обмежено з однієї сторони керамічним циліндром 12, а з іншої - кришкою 11.

15 Під час роботи витки нагрівача 6 не можуть значно зміщуватися за рахунок того, що виводи і відводи нагрівача зігнуті перед проходженням через втулки 13 і після проходження. Таким чином нагрівач 6 разом з виводом 7 і відводами 8 може, під час нагріву, вільно зміщуватися вздовж витків його спіралі (за рахунок того, що теплоізоляція 14 виконана сипкою, наприклад, шляхом засипки пудрою окису алюмінію або кремнію) і в осьовому напрямі (в обмеженому втулками 13 степені), але не може торкнутися корпусу печі.

20 Для спрощення складання пропонованої печі бокові кришки печі 11 виконані ввігнутими, а складання виконується шляхом їх приварювання до внутрішньої та зовнішньої трубчатих стінок печі (див. фіг. 2). При цьому доцільним є такий порядок складання:

1. Приварюють ліву (див. фіг. 2) кришку 11 до внутрішньої трубчатої стінки печі 10.
2. Вставляють втулки 13.

25 3. Одягають на керамічний циліндр 12 нагрівач 6 з тільки перший раз зігнутими виводом і відводами.

4. Одягають керамічний циліндр 12 з нагрівачем 6 на вузол, отриманий в при виконанні пп. 1 і 2, потрапляючи відводами в отвори втулок 13.

5. Згинають відводи другий раз.

30 6. Герметизують втулки 13 за допомогою високотемпературної емалі.

7. Одягають на вузол, отриманий в результаті виконання п. 5, зовнішню трубчатую стінку печі 10 та приварюють її.

8. Засипають теплоізоляційний порошок 14.

35 9. Встановлюють праву (див. фіг. 2) кришку 11 та приварюють її.

10. Кріплять до корпусу печі розняття та припаюють до його контактів відводи нагрівача.

Як видно з переліку операцій збирання пропонованої печі, вони не містять складних, рідко вживаних та дорогих операцій.

40 Відводи нагрівача через комутатор підключаються до входів і виходів багатоканальної підсистеми регулювання температури. Ця система, як це запропоновано у [17], повинна бути циклічної дії. При цьому кожен цикл формування керуючої дії повинен починатися з підключення до входів підсистеми регулювання виходів давачів температури, створених нагрівачем і його відводами. Після вимірювання поточної температури всіх секцій та обчислення потрібної зміни температури кожної секції (для приведення профілю температурного поля печі до заданої форми), підсистема регулювання формує керуючу дію (шпарність, яку повинні реалізувати виконавчі широтно-імпульсні регулятори всіх секцій) і підключає вивід і відводи нагрівача 6 до відповідних своїх виходів. Наступний цикл регулювання, згідно [17], повинен початися після закінчення перехідного процесу встановлення нового значення температури всіх секцій. Для контролю проходження перехідного процесу підсистема регулювання температури періодично відключає відводи нагрівача від виходів регуляторів, підключає до своїх входів виходи давачів температури, створених нагрівачем і його відводами, проводить вимірювання поточної температури всіх секцій та обчислює зміни температури кожної з них.

55 В зв'язку з тим, що давачі температури окремих секцій, створені нагрівачем і відповідними відводами, знаходяться на границях секцій, тобто вимірюють не температуру в їх центрі, а середню температуру суміжних секцій, процес керування профілем температурного поля пропонованої печі має деякі особливості. Якщо підсистеми керування реалізують традиційні закони регулювання (зокрема, ПІД-закон), то температуру центра окремих секцій можна з достатньою для вимог пропонованої печі точністю визначити як середнє значення температур на межах секцій, тобто температур визначених відповідними давачами. Температури крайніх секцій можуть бути визначені шляхом лінійної екстраполяції температури прилеглих секцій.

Якщо використовуються нейромережеві методи керування [18], то навчання нейронних мереж, що формують керуючу дію для кожної секції, слід виконувати за результатами експериментальних досліджень, нейронні мережі самі врахують положення давачів температури в даному пристрої.

5 Пропонована піч з керованим профілем температурного поля може знайти застосування при тривалому вимірюванні середніх і високих температур за допомогою ТЕП в умовах значних (10 °С і більше) змін профілю температурного поля вздовж термоелектродів ТЕП. Такі умови виникають, наприклад, в котлах теплових електростанцій за рахунок дії зовнішніх умов (опади, вітер, сонячне випромінювання, пори року та дня). При цьому дія похибки від набутої в процесі тривалої експлуатації термоелектричної неоднорідності його термоелектродів змушує знизувати температуру перегрітої пари для створення відповідного експлуатаційного запасу похибки, що, в свою чергу, зменшує коефіцієнт корисної дії електростанції. Використання ТЕП з КПТП дає змогу зменшити експлуатаційний запас похибки через те, що в цьому випадку похибка від набутої термоелектричної неоднорідності не може себе проявити. Використання пропонуваної печі в комплекті із стандартизованими ТЕП забезпечує такий самий ефект, як і використання ТЕП з КПТП.

Джерела інформації:

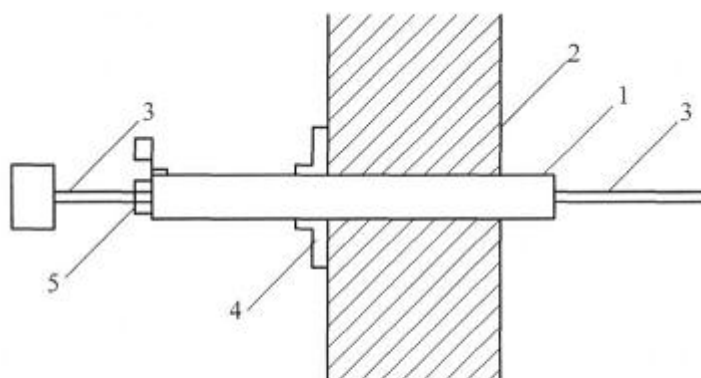
1. Гордов А.Н. Основы пирометрии. - М.: Металлургия, 1971.
2. Приборы для измерения температуры контактным способом / Под ред. Р.В. Бычковского. - Львов.: Вища школа, 1979.
3. ГОСТ 3044-84. Преобразователи термоэлектрические. Номинальные статистические характеристики преобразования. - М.: Изд-во стандартов, 1984.
4. А.с. 352152 СРСР. Устройство для измерения температуры. А.А. Саченко, К.М. Обелевская, Л.В. Заничковская и др.; Опубл. 1972, Бюл. № 28.
5. Датчики для измерения температуры в промышленности / Г.В. Самсонов, А.И. Киц, О.А. Кюздени и др. - Киев: Наукова думка, 1972.
6. Рогельберг И.Л. Стабильность термоэлектродвижущей силы термопар хромель - алюмель при нагреве на воздухе при температурах до 1200 С / Рогельберг И.Л., Нужнов А.Г., Покровская Г.Н. и др. // Исследование сплавов для термопар: Сб. трудов института Гипроцветметобработка.- М.: Металлургия, 1967. Т.П. Вип.24.- С.54-65.
7. Павлов Б.П. Термоэлектрическая неоднородность электродов термопар / Павлов Б.П. - Москва: Изд-во стандартов, 1979.-109 с.
8. Southworth D.J. Temperature Calibration with Isotech Block Baths / Southworth D.J. - Handbook of Isothermal Corporation Limited 1999.
9. Киренков И.И. Некоторые законы термоэлектрической неоднородности / Киренков И.И. // Труды метрологических институтов СССР. Исследования в области температурных измерений. "Энергия", Ленинградское отд-ние, 1975, вып. 171 (231). - С. 11-15.
10. Мильченко В.Ю. Исследование методов и разработка средств поверки термоэлектрических преобразователей из неблагородных металлов. Автореферат диссертации на соискание ученой степени к.т.н. по специальности 05.11.15 /Мильченко В.Ю. - М., ВНИИФТРИ, 1984.
11. Чирка МЛ. Підвищення точності вимірювання температури термоелектричними перетворювачами в нерівномірних теплових полях: Автореферат дисертації на здобуття вченого ступеня к.т.н. по спеціальності 05.11.04 - Прилади та методи вимірювання теплових величин / Чирка М.І. - Львів, Державний університет "Львівська політехніка", 1997.
12. Кочан О.В. Термоелектричний перетворювач з керованим профілем температурного поля: автореф. дис. на здобуття наук, ступеня канд. техн. наук: спец. 05.11.04 - прилади і методи вимірювання теплових величин / О.В. Кочан. - Львів, 2011. - 20 с.
13. Васильків Н.М. Підвищення точності вимірювання температури термопарами в процесі експлуатації: автореф. дис. на здобуття наук, ступеня канд. техн. наук: спец. 05.11.04 - прилади і методи вимірювання теплових величин / Н.М. Васильків. - Львів, 2010. - 19 с.
14. Васильків Н.М. Дослідження похибки вимірювання температури від набутої термоелектричної неоднорідності електродів термопар. / Васильків Н.М., Кочан О.В., Кочан В.В., Саченко А.О. // Вимірювальна техніка та метрологія. - 2009. - № 70. - с. 110-117.
15. Пат. № 97464 Україна, МПК G01K 15/00. Термоелектричний перетворювач / Кочан О.В., Кочан Р.В. - заявл. 22.02.2007.
16. Блинов И.Г. Оборудование полупроводникового производства. / Блинов И.Г., Кожитов Л.В. - М.: Машиностроение, 1986. - 264с.

17. Кочан О.В. Мікроконтролерний метод керування профілем температурного поля /О.В. Кочан, Р.В. Кочан // Вісник Національного університету "Львівська Політехніка". Комп'ютерні системи та мережі. - 2008. - № 630. - С. 67-76.

18. Омату Сигеру. Нейрокомпьютеры и их применение. Книга 2. Нейроуправление и его приложения / Сигеру Омату, Марзуки Халид, Рубия Юсоф; Пер с англ. Н. В. Батина - Москва: ИПРЖР 2000. - 272 с.

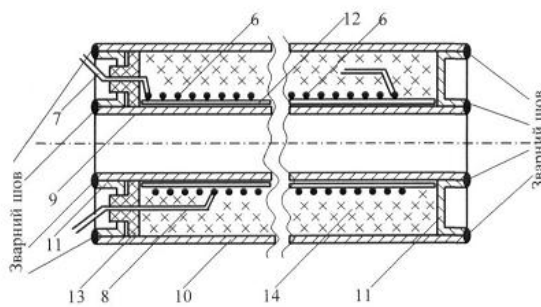
ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

10 Піч з керованим профілем температурного поля, що містить циліндричний спіральний нагрівач, поділений відводами на окремі секції, термомари контролю температури кожної секції, теплоізоляцію та трубчатий корпус, яка **відрізняється** тим, що для ізоляції нагрівача від корпусу він одягнений з натягом на тонкостінний керамічний циліндр, нагрівач і його відводи виконані з термоелектродних матеріалів, при цьому нагрівач з кожним відводом являє собою термопару.



Розміщення пропонованої печі з керованим профілем температурного поля в стінці термоагрегату

Фиг. 1



Конструкція пропонованої печі з керованим профілем температурного поля

Фиг. 2

Комп'ютерна верстка І. Скворцова

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