



УКРАЇНА

(19) UA (11) 83148 (13) C2
(51) МПК (2006)
C30B 1/00
C30B 13/00
C30B 35/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) УСТАНОВКА ДЛЯ ЕЛЕКТРОННО-ПРОМЕНЕВОЇ ЗОННОЇ ПЛАВКИ МАТЕРІАЛУ В КОСМОСІ В УМОВАХ МІКРОГРАВІТАЦІЇ І КОСМІЧНОГО ВАКУУМУ

1

2

(21) а200702347

(22) 05.03.2007

(46) 10.06.2008, Бюл.№ 11, 2008 р.

(72) ПАТОН БОРИС ЄВГЕНОВИЧ, UA, АСНІС ЮХИМ АРКАДІЙОВИЧ, UA, ЗАБОЛОТІН СТАНІСЛАВ ПАВЛОВИЧ, UA, ПЕРЕПЕЧЕНКО БОРИС ІВАНОВИЧ, UA, ШЕГЕЛЬСЬКИЙ МИКОЛА ЄВДОКИМОВИЧ, UA, СТАТКЕВИЧ ІГОР ІВАНОВИЧ, UA, ПОРЄВ ВОЛОДИМИР АНДРІЙОВИЧ, UA, ЮРЧЕНКО МИКОЛА МИКОЛАЙОВИЧ, UA, ШЕВЧЕНКО ПЕТРО МИКОЛАЙОВИЧ, UA

(73) ІНСТИТУТ ЕЛЕКТРОЗВАРЮВАННЯ ІМ. Є.О.ПАТОНА НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ, UA

(56) SU, 656 476, A, 05.04.1979

SU, 1 647 697, A1, 07.05.1991

SU, 1 746 755, A1, 10.06.2006

UA, 28 095, C2, 16.10.2000

RU, 2 287 023, 10.11.2006

GB, 986 943, A, 24.03.1965

EP, 1 113 095, A1, 04.07.2001

WO, 2004/072333, A1, 26.08.2004

JP, 63-201087, A, 19.08.1988

JP, 2000-226293, A, 15.08.2000

US, 3 999 950, A, 28.12.1976

US, 5 688 321, A, 18.11.1997

Пфанн В. Зонная плавка: Пер. с англ.- М.: Мир, 1970.- С.142-147

(57) 1. Установа для електронно-променевої зонної плавки матеріалу в космосі в умовах мікрогравітації і космічного вакууму, що складається з ростової вакуумної камери, яка має вакуумно-щільний корпус з циліндричними охолоджуваними стінками і кришкою, електронно-променевого нагрівача, приводу переміщення електронно-променевого нагрівача, приводу вертикального переміщення електронно-променевого нагрівача, утримувачів зразка матеріалу, патрубка для відкачування газового середовища з ростової вакуумної камери,

високовольтного блока джерела живлення та високовольтних проводів, яка відрізняється тим, що ростова вакуумна камера відділена від приводу вертикального переміщення нагрівача і додаткового приводу обертання зразка матеріалу та високовольтного блока джерела живлення вакуумно-щільною опорною плитою.

2. Установа за п. 1, яка відрізняється тим, що ростова вакуумна камера додатково має два ілюмінатори, які розташовані діаметрально протилежно один до одного, при цьому перед одним з ілюмінаторів розташоване додаткове джерело еталонного випромінювання.

3. Установа за п. 1, яка відрізняється тим, що ростова вакуумна камера обладнана системою для промивання її інертним газом у процесі відкачки.

4. Установа за п. 1, яка відрізняється тим, що привід вертикального переміщення електронно-променевого нагрівача має магнітну муфту з віброізолюючою прокладкою.

5. Установа за п. 1, яка відрізняється тим, що нижній утримувач зразка матеріалу має власний додатковий привід обертання з магнітною муфтою і віброізолюючою прокладкою.

6. Установа за п. 1, яка відрізняється тим, що високовольтний блок джерела живлення має власний високовольтний ізолятор, а високовольтні проводи, що подають високу напругу на нагрівач, укладені в спіраль.

7. Установа за п. 1, яка відрізняється тим, що на високовольтний блок джерела живлення при значеннях навантаження струму $I_A=3-5\text{mA}$ автоматично подана знижена по амплітуді перемінна напруга від інверторного блока джерела живлення.

8. Установа за п. 1, яка відрізняється тим, що джерело живлення інверторного блока здійснює обмеження струму в ланцюзі анод-катод електронно-променевого нагрівача.

(13) C2

(11) 83148

(19) UA

Винахід відноситься до устаткування для електронно-променевої зонної плавки, що працює в умовах мікрогравітації і космічного вакууму, зокрема для одержання монокристалів з напівпровідникових матеріалів, а також зонного спікання композиційних матеріалів.

Відома установка для електронно-променевої зонної плавки за методом плаваючої зони, яка складається з вакуумної камери, електронно-променевого нагрівача, що створює розплавлену зону в зразку, утримувану силами поверхневого натягу, виконавчого приводу переміщення електронно-променевого нагрівача уздовж закріпленого на штативі зразка, джерела високовольтного живлення і гнучких високовольтних проводів [Пфанн В. Зонная плавка. -М.: Мир, 1970, с.144-145, пер. з англ.].

Недоліком цієї установки є наявність високовольтних проводів і роз'ємів, які з'єднують високовольтне джерело живлення з електронно-променевим нагрівачем, що знижує надійність роботи установки через збільшення імовірності випадкових електричних пробів у високовольтних проводах через їхню значну довжину як зовні камери, так і усередині.

При даній конструкції установки в значній мірі передаються мікроприскорення від приводу переміщення нагрівача на зразок, що негативно впливає на якість отриманих зразків.

Відомий також пристрій для одержання кристалів методом зонної плавки в умовах невагомості, прийнята нами як прототип, що включає електронно-променевий нагрівач, утримувачі зразка, привід переміщення нагрівача уздовж зразка і високовольтний блок джерела живлення. Усе це розташоване в загальній вакуумній камері, яка розділена опорною плитою на дві частини: верхню частину - для росту кристалів і нижню - для приводу і високовольтного блоку, а інверторний блок джерела живлення винесений за межі ростової камери. [А.С. №1746755 А1 С30В 1/00, 35/00 дата публікації 2006.06.10, бюл. №31/2000].

Основними недоліками прототипу є наявність:

- двох частин камери, що істотно впливає на збільшення ваги та об'єму, що дуже небажано для космічного устаткування;

- великої довжини високовольтного проводу;

- відсутності можливості обертання зразка для перемішування розплавленої зони і вирівнювання фронту температури;

- "жорстка" передача від приводу переміщення зразка на каретку з електронно-променевим нагрівачем, яка викликає вібрацію розплавленої зони, що негативно впливає на якість вирощуваних кристалів;

- при малих струмах електронно-променевого нагрівача, а також у режимі холостого ходу у високовольтному блоці виникає перенапруга, що знижує його надійність і підвищує ймовірність електричних пробів;

- при нестационарних швидких змінах опору в ланцюзі анод-катод, а також коротких замиканнях у ланцюзі анод-катод, відключення і повторне включення джерела живлення приводить до помітної зміни висоти розплавленої зони.

Відсутня інформація про процеси, що відбуваються при плавленні (наприклад, про розплавлену зону і прилягаючих до неї ділянок зразка, висоту розплавленої зони, її температуру та ін.).

Задачею винаходу є підвищення якості одержуваних матеріалів, розширення технологічних можливостей установки, підвищення ККД і надійності процесу плавки, що дуже важливо для устаткування, працюючого на космічних апаратах, необхідність створення більш досконалої установки для зонної плавки. Для цього пропонується установка для електронно-променевої зонної плавки в космосі, що складається з ростової вакуумної камери, яка має вакуумнощільний корпус з охолоджуваними стінками, ілюмінаторами та кришкою, електронно-променевий нагрівач з теплоізолюючим екраном, утримувачі зразка, привід переміщення нагрівача і привід обертання зразка, високовольтний блок джерела живлення та високовольтні проводи, які складені в спіраль. Приводи переміщення нагрівача та обертання зразка, які мають датчики швидкості обертання двигунів, високовольтний блок із власним високовольтним ізолятором, відділені вакуумнощільною плитою від ростової вакуумної камери. Високовольтний блок підключений низьковольтним проводом до інверторного блоку джерела живлення. Для прискорення виходу на робочий режим вакуумної камери, зменшення вологості і адсорбованих газів на стінках камери, зразка і внутрішнього устаткування, вакуумна камера обладнана системою для промивання її інертним газом у процесі вакуумної відкачки. Для підвищення надійності роботи установки високовольтний блок має власний високовольтний ізолятор і високовольтні проводи, що укладені в спіраль. На високовольтний блок при малих значеннях навантаження струму автоматично подається знижена по амплітуді перемінна напруга від інверторного блоку джерела живлення. Для зменшення передачі вібрації привід переміщення електронно-променевого нагрівача має магнітну муфту і віброізолюючу прокладку. Для покращення перемішування розплавленої зони нижній утримувач зразка має власний привід обертання з магнітною муфтою і віброізолюючою прокладкою.

На кресленні Фіг.1 зображено робочий блок установки для зонної плавки. Фіг.2 показує перетин А-А на Фіг.1. Фіг.3 показує перетин Б-Б на Фіг.1.

Фіг.4. Зображений загальний вигляд установки для електронно-променевої зонної плавки.

Запропонована установка для електронно-променевої зонної плавки в космосі, складається з ростової вакуумної камери 1 з охолоджуваними стінками. У верхній частині камери розташована кришка 2, а нижня частина камери встановлена на опорній вакуумнощільній плиті 3 (Фіг.1). На стінках камери є два ілюмінатори 4, патрубок 6 (Фіг.3) для відкачки атмосфери з камери і натічка 5 (Фіг.1) системи для промивання інертним газом. Усередині ростової вакуумної камери розташовані зразок 7, електронно-променевий нагрівач 8 (Фіг.2), привід переміщення нагрівача у вигляді ходового гвинта 9 шарико-гвинтової передачі і компенсацій-

ної муфти 10, високовольтні проводи укладені в спіралі 12 (Фіг.1), а також привід обертання зразка 11, каретка нагрівача 13 з високовольтними ізоляторами 14, які надійно забезпечують електричну ізоляцію нагрівача від установки в цілому, дві направляючі 15 (Фіг.2).

Зразок 7 утримують у верхньому 16 і нижньому 17 утримувачах (Фіг.2).

Нагрівач 8 виконаний у вигляді кільцевого катоду з танталового або вольфрамового дроту, розташованого на електроізолюючих підтримувачах в нержавіючому корпусі, що одночасно виконує функцію фокусуєчих екранів і, крім цього, має теплоізолюючий екран 18 (Фіг.2).

Верхній утримувач зразка 16 встановлений у фланці 19 (Фіг.2), закріпленому на стійці 20 (Фіг.1), і направляючих 15 (Фіг.2).

На нижній частині опорної плити 3 розташовані привід переміщення нагрівача 21 з магнітною муфтою 22 і віброізолюючою прокладкою 23 (Фіг.1), привід обертання зразка 24 з магнітною муфтою 25 і віброізолюючою прокладкою 26 (Фіг.2), а також високовольтний блок 27 з високовольтним ізолятором 28 (Фіг.1). Приводи і високовольтний блок мають кільцеві вакуумні прокладки, наприклад, 29 (Фіг.1). Зовні ростової вакуумної камери встановлені джерело еталонного випромінювання 30, відеокамера 31, корпус системи керування 32 з модулем відеоадаптера 33 і процесором 34, відеоконтрольний прилад 35, а також інверторний блок джерела живлення 36 (Фіг.3).

Установка працює наступним чином.

Зразок 7, призначений для плавлення, центрують по осьовому отворі і фіксують радіальними штифтами у верхньому утримувачі 16. Нижній кінець зразка утримують за рахунок щільної посадки в молібденових пружинах (8шт.) нижнього утримувача 17 (Фіг.2). Зразок, попередньо закріплений у верхньому утримувачі, вставляють через відкриту кришку 2 (Фіг.1) в нижній утримувач. При закритій кришці ростову вакуумну камеру відкачують через патрубок 6 (Фіг.3) до необхідного вакууму.

Зразок 7 є анодом, а нагрівач 8 (спіраль) - катодом (Фіг.2). У нагрівачі формується дисковий концентрований пучок електронів, що бомбардує поверхню зразка, у результаті чого утворюється вузька розплавлена зона.

На нагрівач висока напруга і напруга накалу спіралі подаються з високовольтного блоку 27 по високовольтних проводах 12 (Фіг.1). Вводи високовольтного проводу ізолювані від опорної плити 3 і корпусу пристрою в цілому високовольтним ізолятором 28 (Фіг.1).

Після утворення розплавленої зони на зразку включають привід переміщення нагрівача 21

(Фіг.1) і привід обертання зразка 24 (Фіг.2) (при необхідності). Ходовий гвинт 9 (Фіг.1) перетворює обертальний рух вала приводу в поступальний рух каретки нагрівача. У випадку включення приводу обертання при частково розплавленій зоні зразок має можливість обертатися з утримувачем 16 у фланці 19 (Фіг.2).

Магнітні муфти 22 (Фіг.1) і 25 (Фіг.2), а також віброізолюючі прокладки 23 (Фіг.1) і 26 (Фіг.2) обох приводів перешкоджають передачі вібрації від двигунів і редукторів на зразок.

Система для промивання інертним газом у процесі вакуумної відкачки працює наступним чином. Під час підготовки ростової вакуумної камери до роботи (відкачка атмосфери) гелій з балона через натікач 5, що періодично відкривають і закривають, подається в камеру. Після виходу камери на робочий режим натікач 5 закривають, і подача гелію припиняється (Фіг.1). При досягненні необхідного вакууму в ростовій вакуумній камері включається система автоматичного керування технологічним процесом плавки.

При виникненні нестационарних швидких процесів зміни опору при плавці в ланцюзі анод-катод електронно-променевого нагрівача, а також коротких замиканнях, інверторний блок 36 (Фіг.3) обмежує рівень струму в ланцюзі анод-катод.

Система контролю висоти зони і температури працює наступним чином.

Оптична система відеокамери 31 (Фіг.3), що включає світлофільтр і об'єктив, формує зображення зразка 7 (Фіг.2) у площині світлоелектричного перетворювача, з виходу якого відеосигнали, пропорційні освітленню, надходять на вхід модуля відеоадаптера 33 (Фіг.3), де вони перетворюються в цифрову форму.

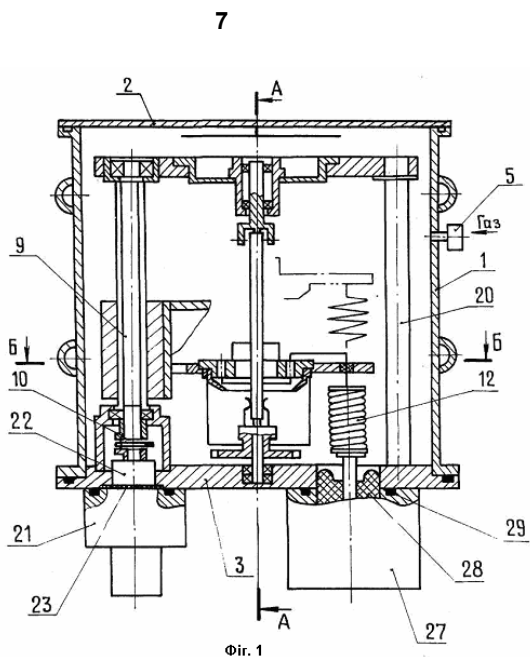
Висота зони плавлення пропорційна висоті її зображення на світлоелектричному перетворювачі, яка визначається як відстань між точками, сигнали яких відповідають заданому рівню.

А при вимірі температури в площині світлоелектричного перетворювача одночасно формуються зображення зразка з розплавленою зоною і еталонним джерелом з наступним порівнянням їхніх сигналів.

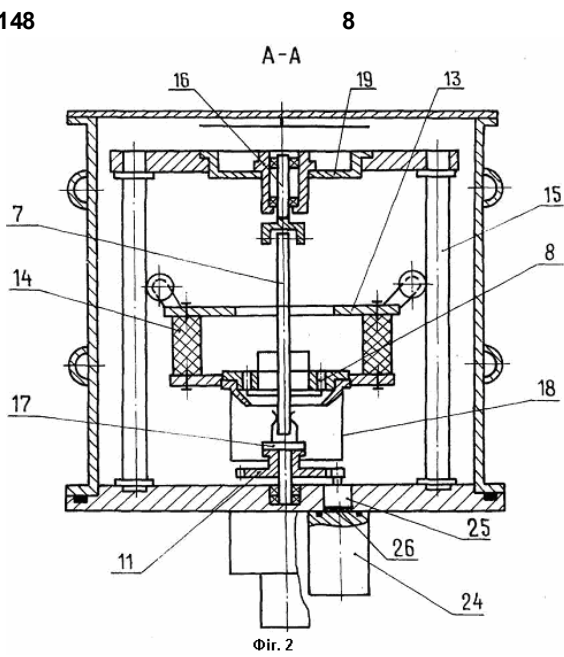
Візуальний контроль за ходом плавлення здійснюється по екрану відео-контрольного приладу 35, підключеного до процесора 34 системи керування 32 (Фіг.3).

Описана установка реалізована в Інституті електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України у вигляді макету експериментального по льотного устаткування (Фіг.4) з перспективою використання її штатного варіанта на борту космічної станції.

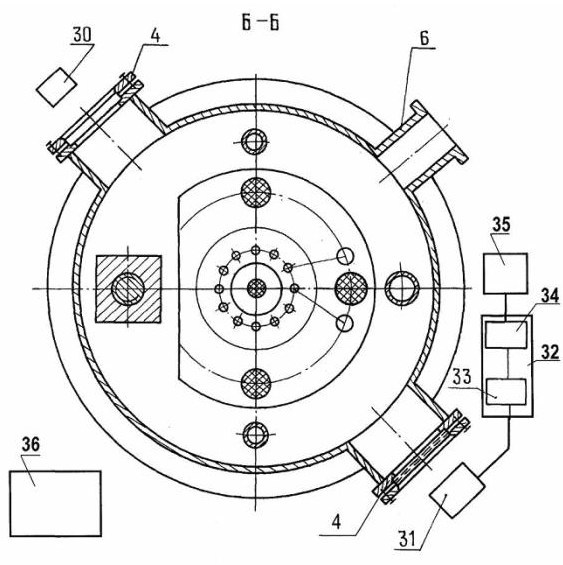
83148



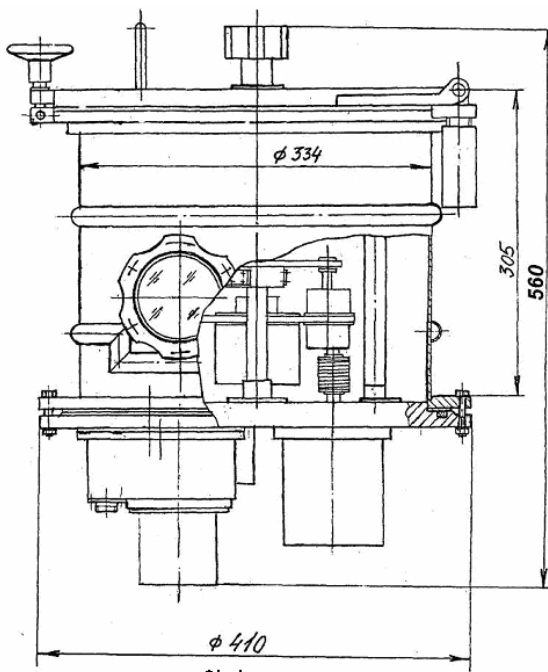
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4