

## ПОПЕРЕДНІ РЕЗУЛЬТАТИ АПРОБАЦІЇ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕПЕРА НА БАЗІ IN-GA-SN ЄВТЕКТИКИ

© Прохоренко С.<sup>1</sup>, Стадник Б.<sup>1,2</sup>, Войтурський Я.<sup>2</sup>, 2003

<sup>1</sup>Національний університет “Львівська політехніка”, кафедра інформаційно-вимірювальних технологій,  
вул. С. Бандери, 12, 79013, Львів, Україна

<sup>2</sup>Ряшівська політехніка, вул. В.Поля, 2, 35-959, Ряшів, Польща

*Подано попередні результати дослідження температурного репера з використанням процесу плавлення сплаву евтектичної концентрації системи In-Ga-Sn. Показано можливість застосування цього розтопу як робочої речовини репера. Продемонстровано доцільність застосування методики попередньої обробки розплаву перед кристалізацією зовнішніми імпульсними впливами для покращання температурно-часової стабільності полочки плавлення.*

*Представлены предварительные результаты исследования температурного репера, использующего процесс плавления сплава евтектической концентрации системы In-Ga-Sn. Показано возможность использования этого расплава в качестве рабочего вещества. Продемонстрировано целесообразность использования методики предварительной импульсной обработки расплава перед кристаллизацией для улучшения температурно-временной стабильности полочки кристаллизации.*

*The preliminary results of investigation of a low-temperature reference point are submitted. He will use melting process of an eutectic concentration alloy of In-Ga-Sn system. The possibility of using of this alloy for making a temperature reference point is demonstrated. The expediency of usage of a preliminary vibro-treatment procedure of a melt before crystallization for improving stability of a crystallization plateau is demonstrated.*

### Поставлене завдання

У межах представленого проекту (під загальним керівництвом проф. Б.І. Стадника) було поставлено дві мети {перевірка двох притулень}:

- можливість використання комірки зі сплавом евтектичної концентрації системи In-Ga-Sn як температурного репера, котрий забезпечував би можливість повірки стоомних термометрів опору класу “А”;
- вплив зовнішньої енергетичної обробки вкористовуваного сплаву перед його кристалізацією на стабілізацію температурно-часових характеристик полочки плавлення (температура початку/температура закінчення процесу, стабільність температурних показів у межах полочки).

### Практична реалізація

#### Вибір робочої речовини репера

У межах виконаних дослідів як робочу речовину репера було вибрано біляевтектичний потрійний сплав In-Ga-Sn з апробованим у [1] складом: 66.960мас%Ga; 20.497мас%In; 12.543мас%Sn. Чистота вихідних металів становила не менш ніж 99.999% (5N). Вибір цієї евтектики було зумовлено тривалим досвідом роботи з вибраним сплавом та близькістю

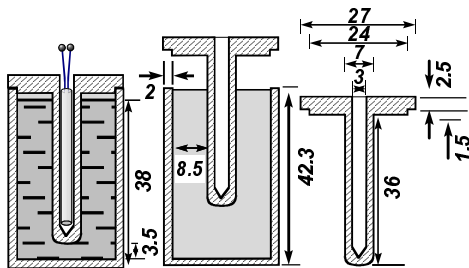
його температури плавлення до кімнатної, що дало змогу виконувати дослідження в умовах, наближених до пропонуванних для практичного використання. Сплав синтезувався в умовах евакуації пилю.

#### Використана вимірювальна апаратура

Для вимірювання температури у реперній комірці було використано платиновий термометр опору Pt100, тип ОР2530, виготовлений на Краківській KFAP S.A., клас 1/3В (декларована толеранція вимірювання при температурі полочки плавлення  $\pm(0.10)^\circ\text{C}$  згідно з [2]), довжина  $L = 32\text{мм}$ , діаметр  $\varnothing\phi = 2.5\text{мм}$ , встановлено у шахту реперної комірки (див. рис.1). Для покращання теплового контакту проміжок термометр (стінка) шахти було заповнено силіконовою змазкою. Зміна опору (за дводротовою схемою) реєструвалася автоматичним реєстратором Keithley 2700 — встановлений діапазон вимірювання 90÷120 Ом, інтервал опитування термометра 1.5 с, усереднення за 200 мс, реєстрація у внутрішню пам'ять із записом на комп'ютер після закінчення дослідів). Апарат було встановлено у приміщенні Ряшівської політехніки (відповідальний за вимірювання – асп. Я. Войтурський).

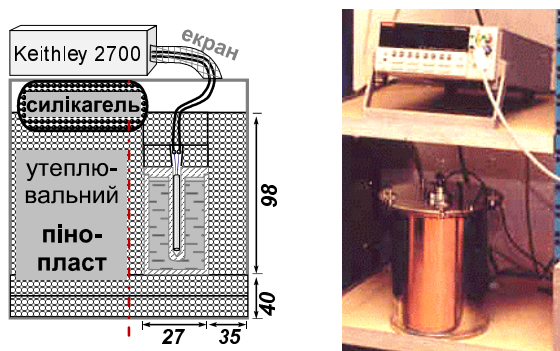
**Конструкція репера, стабілізуючої оболонки, блока кристалізації та системи вібробробки**

**Реперна комірка (РК).** Конструкція (зображена на *рис. 1*) була виконана зі сталі Х18Н9Т з високою якістю обробки внутрішньої поверхні (полірування). Щоб гарантувати відсутність контакту з киснем атмосфери, після заповнення тестованим розплавом РК було продуто та заповнено чистим аргоном, розігріто до 150°C та герметично запресовано. Використаний об'єм РР становив 12,9241 см<sup>3</sup>.



*Рис. 1. Реперна комірка*

**Стабілізуюча оболонка (СО).** Щоб забезпечити наближення плавлення тестованого розплаву до рівноважних умов, її (разом з термометром опору) було розміщено у СО (див. *рис. 2*).



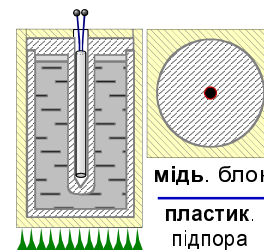
*Рис. 2. Стабілізуюча оболонка*

Сконструйована СО повинна виконувати три основні стабілізуючі функції:

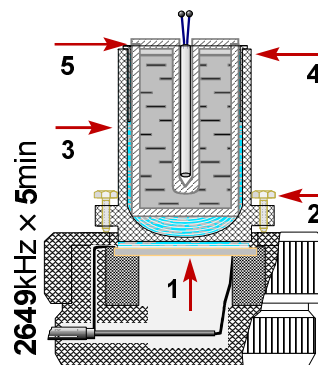
- температурну: 1А – послаблення потужності теплового потоку, що підводиться до РК; 1В – згладження випадкових короточасових коливань зовнішньої температури (зокрема — відкривання/закривання дверей лабораторії);
- стабілізація рівня вологості атмосфери у об'ємі температурного репера;
- пониження рівня електромагнітних завад (від іншої вимірювальної апаратури та морозильної камери).

Реалізація цих функцій: 1А & 1В – РК було розміщено у роз'ємному товстостінному блоці з щільного пінопласту (використання металевого дьюара зумовлювало занадто тривалу поличку); 2 – корпус СО виготовлено герметичним з встановленою усередині місткістю з висушувачем – силікагелем (просушуваним за час кристалізації РР); 3 – корпус СО (суцільнометалевий) з'єднано з вимірювачем спільним кабелем заземлення, подовжувальні дроти термометра заведено у додатковий екран.

**Блок кристалізації (БК).** Для охолодження робочої речовини до температур, що забезпечували би кристалізацію, використовувалася стаціонарна морозильна камера, котру було відрегульовано на – 19°C. Для рівномірного тепловідведення від дна та стінок РК останню встановлювали у щільно припасоване заглиблення у мідному блоці (паралелепієді) з покриттям (див. *рис. 3*). Для забезпечення плавної зміни теплового потоку, що відбирався з БК, його було ізольовано від металевих полиць морозильної камери шпичастою пластиковою підпорою. Ці умови створювались, щоб зменшити розкид розмірів кристалічних зародків, що утворювались у пристінковому шарі РР, – а, отже, забезпечити і рівномірніше поглинання ними тепла під час плавлення.



*Рис. 3. Блок кристалізації (БК)*



*Рис. 4. Система вібробробки*

Система віброобробки (СВ), наведена на *рис. 4*, складалася з генератора ультразвукових (УЗ) коливань частотою 2,65 МГц; встановленого в оправку п'єзоелемента (1) фокусувального тигля (3) (пластиковий циліндр з лінзоподібним дном) та центрувальної оправки (4). Перед віброобробкою регульовальними болтами (2) виставлялось денце фокусувального тигля (а, відповідно, і денця РК) паралельно до робочій поверхні п'єзоелемента. Як контактна рідина (для проведення УЗ-хвиль) використовувалася знегазована вода (оброблена ультразвуком, дистильована).

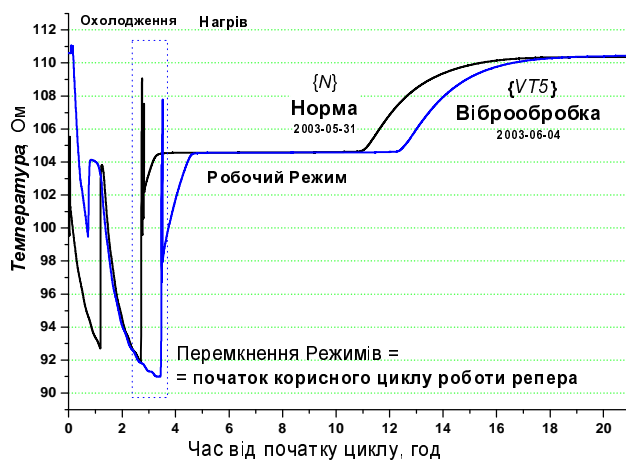


Рис. 5. Загальний вигляд термограми досліджу

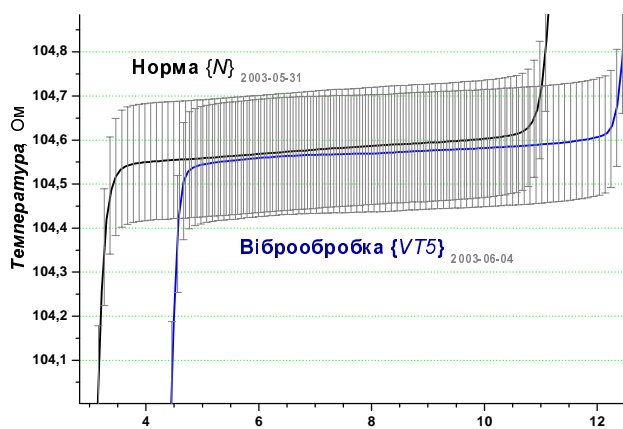


Рис. 6. Зміна вигляду полочки плавлення залежно від енергетичної обробки розплаву

### Отримані результати

Підготовчі роботи дали змогу одержати температурну залежність, зображену на *рис. 5*. **Норма {N}** — тут нормальний режим кристалізації РР, у морозильній камері від кімнатної температури з подальшим встановленням у СО (виокремлено стрибок на графіку, що відповідає початку корисної частини роботи репера — власне виходу на полицку плавлення). **Віброобробка {VT5}** — температурний режим відповідає “нормі”, але безпосередньо перед кристалізацією здійснено обробку РР ультразвуком упродовж 5 хв.

Можна зауважити, що РР має помітне переохолодження перед кристалізацією, величина якого внаслідок VT5 помітно зменшується. Це дає істотну економію часу при поновному приведенні репера у робочий режим, а також (і це особливо важливо) дає змогу використовувати менш потужну систему охолодження, що, відповідно, збільшує мобільність усього репера.

Збільшивши масштаб зображення та доповнивши криві температурної залежності похибкою, отримаємо *рис. 6*. (Для більшої зручності аналізу зменшено кількість крапок до 100 на графік. Апроксимація кривої не здійснювалась).

**Підсумок.** Описаний апаратний комплекс дає змогу виконувати попередній аналіз стабільності роботи низькотемпературних температурних реперів з евтектичною РР. Доведено можливість використати сплав евтектичної концентрації системи In-Ga-Sn як РР температурний репер. Доведено практичну доцільність подальших прецизійних досліджень для удосконалення методики попередньої обробки розплаву перед кристалізацією зовнішнім імпульсним впливом для покращання температурно-часової стабільності полицки плавлення.

1. Прохоренко В.Я., Ратушняк Е.А., Стадник Б.И., Лах В.И., Коваль А.М. Физические свойства термометрического расплава In-Ga-Sn // Теплофизика высоких температур. 1970. – С.374-378. 2. Polska Norma PN-EN 60751+A2. Czujniki platynowe przemysłowych termometrów rezystancyjnych. Polski Komitet Normalizacyjny 1997.