

УДК 539.2

КОМІРКА ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ НАПІВПРОВІДНИКОВИХ МАТЕРІАЛІВ

Д.М. Фреїк¹⁾, М.О. Галуцак²⁾, А.І. Терлецький¹⁾, Р.І. Запужляк¹⁾, Н.І. Дикун¹⁾,
А.І. Ткачук²⁾

1) – Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, вул. Шевченка, 57, м. Івано-Франківськ, 76025, тел. (0342) 59-60-82, e-mail: freik@pu.if.ua

2) – Івано-Франківський національний університет нафти і газу, вул. Карпатська, 15, м. Івано Франківськ, 76019

Представлені схема і конструкція комірки для вимірювання стаціонарним методом коефіцієнтів теплопровідності, термо–Е.Р.С та питомої електропровідності термоелектричних матеріалів в інтервалі температур (300–750) К. Особлива увага звернена на вибір нагрівників, термопар, підведених і вимірювальних проводів (елементів).

Ключові слова: комірка, схема, конструкція, термоелектрика.

Представлены схема и конструкция ячейки для измерения стационарным методом коэффициентов теплопроводности, термо–Э.Д.С и удельной электропроводности термоэлектрических материалов в интервале температур (300-750) К. Особое внимание обращено на выбор нагревателей, термопар, подведенных и измерительных проводов (элементов).

Ключевые слова: ячейка, схема, конструкция, термоэлектричество.

The scheme and the construction of cells for stationary measurement method of thermal conductivity coefficients, thermo–E.M.F. and conductivity of thermoelectric materials in the temperature range (300-750) K. Special attention is given to the selection of heaters, thermocouples, summarized and measuring wires (elements).

Key words: cell, chart, design, thermoelectricity.

Вимірювання термоелектричних параметрів (в тому числі і теплопровідності) твердих тіл проводять різноманітними методиками, які в загальному можна поділити на стаціонарні і динамічні, що реалізовані у відповідних вимірювальних комірках [1].

Зокрема, авторами [2] запропонована вимірювальна комірка, в основі роботи якої лежить контроль потоку тепла через зразок та вимірювання різниці температур на кінцях зразка. Така комірка має ряд недоліків, які знижують точність вимірювання коефіцієнта теплопровідності χ та ускладнюють процес отримання електричних параметрів зразка: коефіцієнта термо–Е.Р.С α та питомої електропровідності σ .

До цих недоліків слід віднести наступне:

1) температура на верхньому кінці зразка задається внутрішнім нагрівником, температура зовнішнього (охоронного) кінця автоматично підтримується рівною температурі внутрішнього з метою усунення теплообміну між нагрівниками. У зв'язку з великою тепловою інерційністю нагрівників та

притаманним кожному терморегулятору явища гістерезису, ефективно підтримання рівності температур нагрівників з високою точністю представляє собою складну задачу. Це призводить до небажаного теплообміну між нагрівниками та створення додаткового неконтрольованого потоку тепла через зразок;

2) потік тепла від внутрішнього нагрівника частково проходить паралельно зразку через термоізоляційний засип між зразком та охоронним екраном. Для контролю величини цього потоку пропонується обраховувати його, виходячи з геометрії конструкції та типової величини коефіцієнту теплопровідності матеріалу термоізоляційного засипу. Однак теплопровідність засипу залежить від ступені ущільнювання матеріалу, яку неможливо контролювати. До того ж велика кількість геометричних параметрів, що входять в формулу для визначення величини цього потоку, призводить до значних похибок;

3) для вимірювання електричних параметрів передбачено окремі контакти, в той час як температура на кінцях зразка контролюється за

допомогою окремих термопар, які вставлені у висвердлені в зразку отвори. Це означає, що від зразка відходить щонайменше 8 провідників, кожен з яких дає свій внесок в загальний баланс потоку тепла через зразок, не кажучи вже про труднощі, які пов'язані з висвердлюванням отворів та забезпеченням надійного теплового контакту термопар.

Нами у роботі [3] запропонований стаціонарний метод визначення термоелектричних параметрів напівпровідникових матеріалів, який у значній мірі позбавлений відзначених вище недоліків. Для реалізації цього методу в даній роботі запропонована вимірювальна комірка, яка в єдиному експерименті дає можливість отримувати інформацію про весь спектр термоелектричних характеристик. Схема і загальний вигляд вимірювальної комірки наведені на рис. 1 і рис. 2, відповідно.

Конструктивно комірка (рис.1) складається із двох нагрівників (пічок): зовнішнього (3) та внутрішнього (2), весь вільний простір між якими заповнено теплоізолятором (азбест) (11).

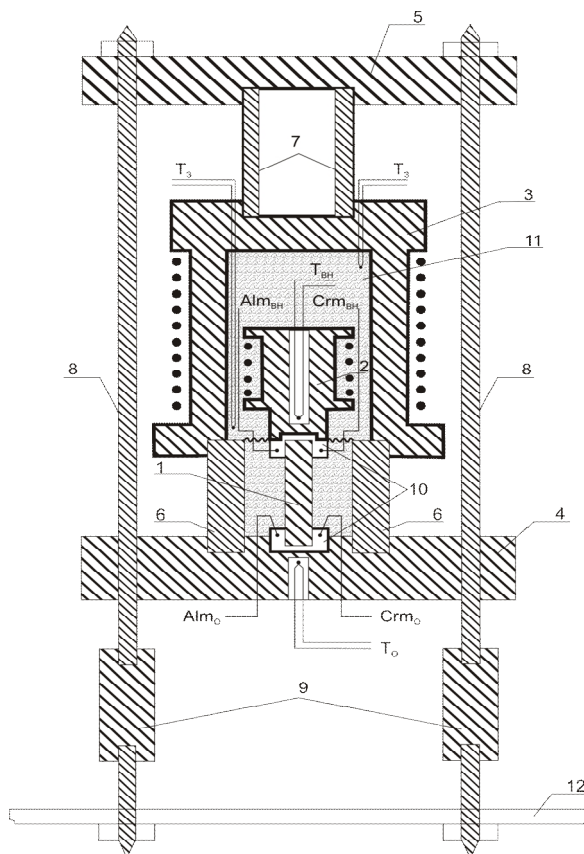


Рисунок 1 – Конструктивна схема вимірювальної комірки



Рисунок 2 – Загальний вигляд комірки для вимірювання термоелектричних параметрів

Внутрішній нагрівник утримується у зовнішньому виключно за рахунок сил тертя. Зовнішній нагрівник кріпиться за допомогою відрізків кварцових труб (6) та (7) і затиснутий між фланцем (5) та основою (4) за допомогою шпильок (8). Зразок (1) розміщується між верхнім і нижнім контактами (10), які виготовлені із срібла з метою забезпечення кращого теплового та електричного контактів. Нагрівники, основа, фланець і шпильки виготовлені з нержавіючої сталі. Зовнішній нагрівник намотаний ніхромовим проводом, внутрішній — молібденовим. Вся система поміщена на підставку (12) і електрично-ізолювана від неї керамічними перехідниками (9). За таких умов основа, зовнішній та внутрішній нагрівники гальванічно-ізолювані один від одного.

Температура T_3 зовнішнього нагрівника вимірюється двома термопарами в діагонально протилежних точках для кращого контролю температури. Температура $T_{вн}$ внутрішнього нагрівника і T_0 – температура основи вимірюються як гальванічно розділеними термопарами, так і гальванічно-зв'язаними термопарами $Crm_{вн}-Alm_{вн}$ (хромель-алюмель) та Crm_0-Alm_0 , відповідно. Ці термопари

відрізняються від звичайних тим, що це, фактично, Alm-Ag-Cr -термопари. Однак, завдяки високій теплопровідності срібла температуру срібного контакту можна вважати однорідною і розглядати цю температуру як звичайну алюмель-хромелеву. Контактні провідники цих термопар також використовуються для вимірювання термо-Е.Р.С зразка та його питомого опору. В першому випадку вимірюють термо-Е.Р.С між алюмелевими провідниками $\text{Alm}_{\text{ВН}}$ та $\text{Alm}_{\text{О}}$ або хромелевими провідниками $\text{Cr}_{\text{ВН}}$ та $\text{Cr}_{\text{О}}$. Отримана величина є термо-Е.Р.С матеріалу по відношенню до алюмеля чи хромеля, відповідно. Для визначення питомого опору зразка через пару алюмелевих провідників пропускають калібрований струм, а падіння напруги вимірюють на хромелевих провідниках. Оскільки падіння напруги на кінцях провідників складається з падіння напруги на омичному опорі зразка та термо-Е.Р.С матеріалу по відношенню до хромеля, то, міняючи напрямок струму та усереднюючи отримані результати, можна визначити опір зразка, а, отже, і його питомий опір. Струм можна також пропускати через пару хромелевих провідників, а падіння напруги вимірювати на алюмелевих провідниках.

Температура зовнішнього нагрівника задається шляхом подачі стабілізованої напруги на нагрівний елемент. Кількість тепла, що виділяється внутрішнім нагрівником, контролюється за допомогою каліброваних струму. Оскільки теплоємність внутрішнього нагрівника набагато менша загальної теплоємності системи обох нагрівників, то температура зовнішнього нагрівника майже не залежить від ввімкнення чи вимкнення внутрішнього нагрівника. Вимірювання виконуються за умов теплової рівноваги, що дає змогу уникнути впливу гістерезису терморегуляторів нагрівників.

В формулу для визначення коефіцієнту теплопровідності досліджуваного зразка входить деяка узагальнена величина

теплопровідності термоізоляції [3], що дозволяє врахувати не тільки теплообмін між нагрівниками, а також потоки тепла, які направлені паралельно зразку.

Для вимірювання термоелектричних параметрів зразка використовуються хромелеві та алюмелеві провідники тих же термопар, якими ж вимірюється температура на кінцях зразка. Кількість провідників, необхідних для вимірювання, зменшується вдвічі (до чотирьох), що дає змогу точніше контролювати кількість тепла через зразок.

ВИСНОВКИ

Запропонована конструкція і виготовлена комірка для вимірювання комплексу термоелектричних параметрів напівпровідникових матеріалів стаціонарним методом.

Наведено основні характеристики нагрівальних елементів, використовуваних термопар та вимірювальних проводів, що забезпечують точний контроль температури та теплових потоків.

1. Фреїк Д.М. Методи вимірювання теплопровідності напівпровідникових матеріалів / Д.М. Фреїк, Р.Я. Михайльонка, В.М. Кланічка // Фізика і хімія твердого тіла. - 2004. - Т. 5. - № 1. - С. 173-191. 2. Семенюк В.А. Физическая электроника. / В.А. Семенюк, В.А. Бевз, А.В. Гармашов. - Львов, 1990. - №40. - С. 18-22. 3 Фреїк Д.М. Стаціонарні методи визначення термоелектричних параметрів напівпровідникових матеріалів / Д.М. Фреїк, М.О. Галушак, А.І. Терлецький, Р.І. Запхляк, Н.І. Дикун, А.І. Ткачук // Методи та прилади контролю якості. -2010. - №25. - С. 92-96.

Поступила в редакцію 24.03.2011 р.

Рекомендував до друку докт. техн. наук, проф. Карпаш О.М.