



АКАДЕМІЯ ТЕХНІЧНИХ НАУК УКРАЇНИ

V Міжнародна науково-практична конференція

**ПРИКЛАДНІ НАУКОВО-
ТЕХНІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ**

5-7 квітня 2021

Івано-Франківськ

**АКАДЕМІЯ ТЕХНІЧНИХ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЗМІСТУ ОСВІТИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
CONNECTIVE TECHNOLOGIES LTD (ВЕЛИКОБРИТАНІЯ)**

ПРИКЛАДНІ НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

APPLIED SCIENTIFIC AND TECHNICAL RESEARCH

**Матеріали V міжнародної науково-практичної конференції
(5-7 квітня 2021 р.)**

**Видавець Кушнір Г. М.
Івано-Франківськ – 2021**

Особливості проектування комп'ютерної системи для дослідження термоелектричних властивостей напівпровідників

Богдан Дзундза

*Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника
м. Івано-Франківськ, Україна*

I. ВСТУП

Напівпровідникові термоелектричні тонкі плівки і наноматеріали представляють великий інтерес для практичного застосування в якості перетворювачів енергії, завдяки можливості незалежного підвищення коефіцієнту Зеебека (S) і зниження теплопровідності (κ) за допомогою наноструктурування матеріалу. Такі дослідження вимагають вимірювання питомої електропровідності, коефіцієнту Зеебека, теплопровідності, що при застосуванні класичних методик є досить трудомісткою задачею, так як необхідні зразки різної конфігурації. На даний час розроблено велику кількість універсальних засобів для лабораторних досліджень, але через вузьку спеціалізацію термоелектричних досліджень не завжди вдається їх ефективно використовувати. Актуальною задачею є розробка автоматизованих засобів, як для дослідження основних термоелектричних параметрів напівпровідникових матеріалів.

II. АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Для дослідження термоелектричних властивостей найчастіше використовувані прямі методи вимірювань, які потребують градієнтного нагрівника, точного підтримування і вимірювання невеликого градієнту температури, що вносить значну похибку у оцінку термоелектричної добротності [1, 2]. При похибці вимірювань окремих термоелектричних параметрів близько 5 % середня похибка вимірювання добротності складає 20 %. Автори [3] показали що перспективними є дослідження термоелектричних параметрів на основі методу Хармана і його модифікацій. Дані методи вимагають розробки швидкодіючих засобів дослідження і обробки отриманих результатів.

III. ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Для вимірювання всіх основних термоелектричних параметрів за основу було взято метод Хармана та його модифікації [3]. Даний метод належить до непрямих методів вимірювання, дає можливість визначати всі основні характеристики на одному зразку, не викликають деградацію досліджуваного матеріалу і вигідно виділяються невеликим часом проведення експерименту і не потребує складних і трудомістких вимірювань теплових потоків через зразок.

Вибір апаратних засобів для побудови таких систем зазвичай залежить в основному від швидкості перебігу фізичних процесів у досліджуваному об'єкті. Розроблена структурна схема спеціалізованої програмно-апаратної системи для дослідження термоелектричних властивостей та експрес діагностики термоелектричних модулів перетворення енергії наведена на рисунку 1.

В залежності від досліджуваних об'єктів можливі різні варіанти реалізації блоку керування та опрацювання даних такої спеціалізованої комп'ютерної системи. Зокрема для дослідження та відбракування готових термоелектричних модулів та товстих плівок було

розроблено діючий макет установки на основі мікроконтролера STM32F303 та вбудованих в нього цифро-аналогового перетворювача (ЦАП) і АЦП на 5 MSPS, швидкодії якого достатньо для дослідження плівок товщиною від 100 нм, на якому і проводилися дослідження описані в роботі. Для дослідження термоелектричних плівок менших товщин необхідно уже розробляти спеціалізовану комп'ютерну систему на основі швидкодіючої FPGA, наприклад компанії Xilinx, та швидкодіючого аналого-цифрового перетворювача, наприклад AD9643, якій має високоякісний пристрій вибірки-зберігання і гарантовану відсутність втрати даних при швидкості перетворення до 250 MSPS.



Рисунок. 1 – Структурна схема спеціалізованої програмно-апаратного системи для дослідження термоелектричних властивостей.

Проведено експериментальні дослідження промислового термоелектричного модуля SP1848-27145, а також отриманих методом відкритого випаровування у вакуумі тонких плівок PbTe. Отримані результати добре співпадають з даними виробника модуля та з попередніми дослідженнями методом прямих вимірювань на зразках отриманих з того ж матеріалу при ідентичних умовах наплення, розбіжності не перевищували 3–5 %.

IV. ВИСНОВКИ

Вибрано та оптимізовано методи вимірювання, розроблена структурна та електрична схема, алгоритм роботи та створена спеціалізована комп'ютерна система для дослідження термоелектричних властивостей напівпровідникових матеріалів. Показано що запропонована схема добре справляється з поставленою задачею, а програмне забезпечення мікроконтролера забезпечують достатню швидкість і необхідні режими синхронізації для реалізації імпульсного методу Хармана.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] J. Martin, T. Tritt, C. Uher High temperature Seebeck coefficient metrology // *Journal of Applied Physics*. 2010, 108, pp. 121101, doi: doi.org/10.1063/1.3503505
- [2] J. De Boor, E. Müller Data analysis for Seebeck coefficient measurements // *Review of scientific instruments*. 2013, 84, pp. 065102–1–065102–9, doi: 10.1063/1.4807697
- [3] Tur Y., Pavlovskiy Y., Virt I. Measurement of thermoelectric parameters of thin-film semiconductor materials using the Harman method // *Physics and Chemistry of Solid State*. 2019, 20, N3, pp. 306–310, doi: 10.15330/pcss.20.3.306-310.