

ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ КРИСТАЛІВ $\text{Pb}_3\text{Ga}_2\text{GeSe}_8$

Шигорін О. П., Новосад О. В., Піскач Л. В., Гаврилюк М.Д.

*Волинський національний університет імені Лесі Українки, пр. Волі, 13, м. Луцьк, 43025,
e-mail: Novosad.Oleksiy@vnu.edu.ua*

Найпростішим методом перетворення теплової енергії в електричну є використання термоелектрогенераторів. Крім того, пошук та дослідження нових матеріалів для створення термоелектричних генераторів обумовлюється постійним зростанням споживання електроенергії та її вартості. З роботи [1] відомо, що сполука $\text{Pb}_3\text{Ga}_2\text{GeSe}_8$ утворюється на перерізі $\text{PbGa}_2\text{GeSe}_6\text{--PbSe}$. Халькогеніди свинцю (PbX , де $\text{X}=\text{S}, \text{Se}$) використовуються як матеріали для термоелектричних перетворювачів енергії [2,3], тому дослідження електричних та термоелектричних властивостей напівпровідникових кристалів $\text{Pb}_3\text{Ga}_2\text{GeSe}_8$ є актуальним завданням.

Мета досліджень полягала в тому, щоб термоелектричними методами встановити тип провідності кристалів $\text{Pb}_3\text{Ga}_2\text{GeSe}_8$, експериментально визначити значення питомої електропровідності сполук $\text{Pb}_3\text{Ga}_2\text{GeSe}_8$ при кімнатній температурі та значення коефіцієнта Зеебека, розрахувати термоелектричну потужність кристалів $\text{Pb}_3\text{Ga}_2\text{GeSe}_8$.

Для досліджень використовували зразки у формі правильних паралелепіпедів з розмірами $(5\text{--}3) \times (2\text{--}1) \times (2\text{--}1)$ мм³, які вирізались із злитків, отриманих після вирощування кристалів. Для вимірювання опору зразків використовували «Омметр цифровий Щ-34». Установка, яка використовувалась для визначення типу провідності кристалів $\text{Pb}_3\text{Ga}_2\text{GeSe}_8$ та вимірювання їх коефіцієнта Зеебека, описана в роботі [4].

Термоелектричними методами встановлено, що кристали $\text{Pb}_3\text{Ga}_2\text{GeSe}_8$ належать до напівпровідників p -типу провідності. Експериментально визначені значення коефіцієнта Зеебека становили $\alpha=110$ мкВ/К. Завдяки високим значенням коефіцієнта Зеебека, досліджувані кристали можна використовувати для розробки термодатчиків. Питома електропровідність при $T \approx 300$ К становила $\sigma \approx 60$ Ом⁻¹·м⁻¹. Розраховані на основі експериментально вимірюваних значень α та σ значення термоелектричної потужності становили $\alpha^2 \cdot \sigma = 0,7 \cdot 10^{-6}$ Вт/м·К². Проте остаточно стверджувати про перспективність кристалів $\text{Pb}_3\text{Ga}_2\text{GeSe}_8$ як матеріалів для термоелектричної генерації можна буде після визначення термоелектричної добротності (ZT)

$$Z \cdot T = \frac{\alpha^2 \cdot \sigma}{\chi_{\text{tot}}} \cdot T,$$

де, α – коефіцієнт Зеебека, σ – питома електропровідність, χ_{tot} – коефіцієнт теплопровідності, T – абсолютна температура. Тобто актуальним завданням залишається визначення коефіцієнта теплопровідності кристалів $\text{Pb}_3\text{Ga}_2\text{GeSe}_8$.

Таким чином, на основі проведених досліджень, можна зробити висновки, що кристали $\text{Pb}_3\text{Ga}_2\text{GeSe}_8$ належать до напівпровідників діркового типу провідності. Значення питомої електропровідності $\text{Pb}_3\text{Ga}_2\text{GeSe}_8$ становить $\sigma \approx 60$ Ом⁻¹·м⁻¹. Сполука $\text{Pb}_3\text{Ga}_2\text{GeSe}_8$ характеризується високим значенням коефіцієнта Зеебека $\alpha=110$ мкВ/К. Завдяки високим значенням коефіцієнта Зеебека кристали $\text{Pb}_3\text{Ga}_2\text{GeSe}_8$ можна віднести до матеріалів перспективних для виготовлення чутливих термодатчиків.

Список літератури

1. Піскач Л., Беллагра Х. Взаємодія між $\text{PbS}(\text{Se})$ та $\text{PbGa}_2\text{GeS}(\text{Se})_6$. Збірник наукових праць: XVIII наукова конференція «Львівські хімічні читання – 2021», м. Львів, 31 травня – 2 червня 2021 р. Львів: Видавництво від А до Я, 2021. С. 359.
2. Rowe D. M., Handbook of thermoelectrics. New. York : CRC Press, 1995. 720 pp.
3. Freik D.M., Nykruy L.I., Dzumedzey R.O. et al. Thermoelectric Figure of Merit Optimization of PbX ($\text{X}=\text{S}, \text{Se}, \text{Te}$) Crystals. *Physics and chemistry of solid state*. 2013. vol. 14. P. 383–389.
4. Novosad O., Shygorin P., Bozhko V., Pishova P., Venhryn B., Goldun V. Electrical and Thermoelectrical Properties of PbSe--AgSbSe_2 Monocrystals. *Proceedings of 16th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering*, Lviv-Slavske, Ukraine, February 22–26, 2022. P. 798–801.
5. Шигорін О.П., Новосад О.В., Гомілко В.В. Термоелектричні властивості твердих розчинів $\text{Pb}_4\text{Ga}_4\text{GeSe}_{12}\text{--Pb}_4\text{Ga}_4\text{GeS}_{12}$. VI-і читання Анатолія Вадимовича Свідзинського : матеріали доповідей, м. Луцьк, 28 лютого – 01 березня 2025 р. Луцьк, 2025. С. 71-72.