

О. В. Осадчук
В. В. Мартинюк
Г. І. Мартинюк

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ (КУПРУМ, ДИСПРОЗІЙ)ВМІСНОЇ КОМПЛЕКСНОЇ СПОЛУКИ ВІД ВЕЛИЧИНИ МАГНІТНОГО ПОЛЯ

Вінницький національний технічний університет;

Анотація. Новий напівпровідниковий матеріал тетракіс- μ_3 -(метоксо)(метанол)-пентакіс(ацетилацетонат) (трикупрум(II), диспрозій(III)) (I), такого складу: $[\text{Cu}_3\text{Dy}(\text{AA})_5(\text{OCH}_3)_4\text{CH}_3\text{OH}]$, де $\text{HAA} = \text{H}_3\text{C}-\text{C}(\text{O})-\text{CH}_2-\text{C}(\text{O})-\text{CH}_3$. Вимірювання електропровідності отриманого матеріалу проводили в пресованому вигляді. Для комплексної сполуки (I) розраховано кількість валентних електронів в одній молекулі – 276; масу однієї молекули $-166,777 \cdot 10^{-20} \text{ кг}$; загальну кількість молекул в об'ємі циліндричного зразка масою $0,138 \text{ г}$ та об'ємом $19,72 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3 - 8,274 \cdot 10^{13} \text{ молекул}$; В інтервалі температур $303 - 413 \text{ К}$ питомий опір пресованого зразка зменшується від $9 \cdot 10^{10}$ до $7 \cdot 10^4 \text{ Ом}\cdot\text{см}$, це підтверджує, що виділена сполука є напівпровідником, з шириною забороненої зони $1,38 \text{ eV}$. Досліджено електропровідні властивості комплексної сполуки від величини магнітного поля.

Ключові слова: магнітне поле, концентрація, напівпровідник, електропровідні властивості, комплексна сполука.

Вступ

Сучасна техніка потребує розробки нових засобів управління технологічними процесами. Новітнім підходом до вирішення таких задач в електроніці, електротехніці, тощо є використання композитних напівпровідникових матеріалів [1-3]. Синтез новітніх напівпровідникових комплексних сполук, фізичні параметри яких змінюються під дією магнітного поля є також доволі актуальною задачею [4,5]. Первинні сенсори на основі таких синтезованих напівпровідникових матеріалів дають можливість розроблювати нові більш чутливі магніточутливі вторинні датчики. Серед них не останнє місце посідають нанокompозитні магнітодіоди. Їх перевагою є добра магнітна чутливість, стабільність характеристик у часі, малі габарити і майже повна відсутність спеціального догляду при експлуатації. Ці характеристики в значній мірі залежать від якості напівпровідникового матеріалу, використаного під час їх виготовлення.

Відомо, що гетерометалічні комплексні сполуки [7-9], які в своєму складі містять два або більше різних за природою атомів металів, поєднаних між собою лігандами різної природи знайшли широке застосування на практиці завдяки своїм унікальним магнітним властивостям. Серед таких сполук особливий інтерес викликають гетерометалічні алкоксосокомплекси, що в якості ліганда містять β -дикетон, які володіють напівпровідниковими властивостями [10].

Теоретичні та експериментальні та дослідження

Метою даної роботи є дослідження параметрів (купрум, диспрозій)вмісної гетерометалічної комплексної сполуки при дії на неї магнітного поля.

Дослідження електропровідних властивостей виділеної комплексної сполуки $[\text{Cu}_3\text{Dy}(\text{AA})_5(\text{OCH}_3)_4\text{CH}_3\text{OH}]$ (I) проводили в твердому стані. Для проведення вимірювань мілкокристалічний порошок пресували за допомогою спеціально розробленого пресувального пристрою. Для проведення досліджень використовували циліндричний зразок спресованого матеріалу масою $0,138 \text{ г}$ та об'ємом $19,72 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3$.

За відомими формулами розраховано густину досліджуваного циліндричного зразка $\rho = 6,998 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, молярну масу, яка дорівнює $1004,0 \text{ г/моль}$, кількість валентних електронів в одній молекулі – 276.

Експеримент показав, що в інтервалі температур $303 - 413 \text{ К}$ питомий опір пресованого зразка досліджуваного матеріалу сполуки (I) зменшується від $9 \cdot 10^8$ до $7 \cdot 10^2 \text{ Ом}\cdot\text{м}$, тобто виділена сполука є напівпровідником. На основі експериментальних даних, було вираховано питому провідність сполуки при цих температурах. Для $T_1 = 303 \text{ К}$ – $\sigma_1 = 1,1 \cdot 10^9 (\text{Ом}\cdot\text{м})^{-1}$, а для $T_2 = 413 \text{ К}$ – $\sigma_2 = 14,14 \cdot 10^4 (\text{Ом}\cdot\text{м})^{-1}$. На основі цих розрахунків було розраховано ширину забороненої зони

$$\Delta E = \frac{k \ln \frac{\sigma_1}{\sigma_2}}{\left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right)} = 2,208 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} = 1,38 \text{ eV}, \quad (1)$$

де ΔE – ширина забороненої зони комплексної сполуки $[\text{Cu}_3\text{Dy}(\text{AA})_5(\text{OCH}_3)_4\text{CH}_3\text{OH}]$ (I) (I); k – стала Больцмана; T – абсолютна температура; σ – питома провідність матеріалу.

Логарифмічна залежність напруги Холла від індукції магнітного поля показана на рис. 1. На рис. 1 видно, що напруга Холла зростає від $5,83 \cdot 10^{-6}$ до $1,16 \cdot 10^{-4} \text{ В}$ в діапазоні від 10 до 200 мТл, від $1,16 \cdot 10^{-4} \text{ В}$ до $3,49 \cdot 10^{-4} \text{ В}$ в межах від 200 до 600 мТл, а в діапазоні від 600 мТл до 1000 мТл — від $3,49 \cdot 10^{-4}$ до $5,82 \cdot 10^{-4} \text{ В}$.

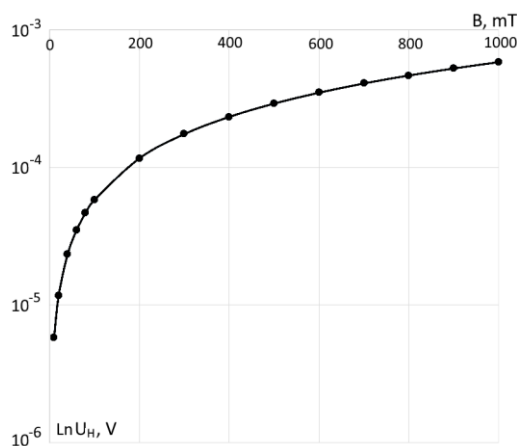


Рис. 1. Логарифмічна залежність напруги Холла від індукції магнітного поля

Залежності напруги Холла (рис. 8) показують, що ці величини не залежать від температури, а їх криві збігаються.

Висновки

Дослідження електропровідних властивостей синтезованої комплексної сполуки в інтервалі температур $273 \text{ К} - 493 \text{ К}$, у спресованому вигляді, показало, що при збільшенні температури його питомий опір різко зменшується від $3,01 \cdot 10^{11} \text{ Ом}\cdot\text{м}$ до $1,31 \text{ Ом}\cdot\text{м}$, а ширина забороненої зони становить $1,38 \text{ eV}$, що є типовим для напівпровідникових матеріалів. Розкладання хімічної сполуки

відбувається з 513 К, концентрація носіїв заряду зростає з $2,09 \cdot 10^{14} \text{ м}^{-3}$ при 273 К до $4,8 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$ при 493 К., при цьому квантова константа Холла при збільшенні температури від 273 К до 493 К зменшується від $3,51 \cdot 10^4 \text{ м}^3 \cdot \text{Кл}^{-1}$ до $1,53 \cdot 10^7 \text{ м}^3 \cdot \text{Кл}^{-1}$, напруга Холла в діапазоні магнітного поля від 0 до 1000 мТ змінюється від $5,83 \cdot 10^{-6}$ до $5,83 \cdot 10^{-4} \text{ В}$.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Koksharova T. V. Solid State Conductivity and Catalytic Activity of Hexacyanoferrate(II)–Thiosemicarbazide Complexes of 3d-Metals / [T. V. Koksharova, N. V. Masleeva, A. A. Ptashchenko, S. V. Fel'dman] // Theoretical and Experimental Chemistry. – 2002. – Vol. 38, No 4. – P. 263–267.
2. O. Osadchuk, V. Martyniuk, O. Semenova, I. Osadchuk, M. Evseeva, T. Yushchenko, 2020 IEEE 40th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO), art. no. 19668871, 43 (2020).
3. N.J. Blasdel, C.N. Monty, Smart Sensors, Measurement and Instrumentation 15, 193 (2015).
4. O. Osadchuk, V. Martyniuk, O. Semenova, A. Semenov, H. Martyniuk, T. Sydoruk, 2022 IEEE 16th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET), art. no. 21757621, 432 (2022).
5. R. Candra, N. Flamingo, A. Natalia, E. Yuliza, K. Khairurrijal, J. Phys.: Conf. Series 1204, 012116 (2019).
6. Panchenko T. Copper(II) and nickel(II) with N,N'-bis(salicylidene)thiosemicarbazide heterometal complex compounds / T. Panchenko, M. Evseeva, A. Ranskiy // Chemistry & Chemical Technology. – 2014. – Vol. 8, № 3. – P. 243–248.
7. Ранський А. П. Синтез і властивості гетерометалевих координаційних сполук купруму(II), ніколу(II) або кобальту(II) і лужноземельних елементів з N,N'-біс(саліциліден)семикарбазидом / [А. П. Ранський, М. В. Євсєєва, Т. І. Панченко, О. А. Гордієнко] // Укр. хім. журн. – 2013. – Т. 79, № 2. – С. 74–79.
8. Самусь Н. М. Гетерометаллические (лантаноид или иттрий, р- или d-элемент)содержащие N,N'-этилен-бис-салицилидениминаты / [Н. М. Самусь, И. В. Хорошун, И. В. Сеница, М. В. Гандзий] // Коорд. химия.– 1993. – Т. 19, № 9. – С. 729–732.
9. Самусь Н. М. Гетерометаллические μ -алкокс(медь, висмут)содержащие ацетилацетонаты / Н. М. Самусь, В. И. Цапков, М. В. Гандзий // Журнал общей химии.– 1993. – Т. 63, № 1. – С. 177–182.
10. Гетероядерные μ -метоксо(медь, иттрий или лантаноид) ацетилацетонаты / [Н. М. Самусь, М. В., Гандзий, В. И. Цапков,] // Журнал общей химии.– 1992. – Т. 62, В. 3. – С. 510-515.

Олександр Володимирович Осадчук – д.т.н., професор, завідувач кафедри інформаційних радіоелектронних технологій і систем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: osadchuk.av69@gmail.com

Володимир Валерійович Мартинюк – к.т.н, доцент, доцент кафедри загальної фізики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: martyniuk.v.v@vntu.edu.ua

Галина Іванівна Мартинюк – асистент кафедри інформаційних радіоелектронних технологій і систем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: martuniyukg@gmail.com

RESEARCH OF THE DEPENDENCES OF ELECTRICAL PARAMETERS (COPPER, DYSPROSIUM) CONTAINING A COMPLEX COMPOUND ON THE MAGNETIC FIELD

Abstract. A new semiconductor material tetrakis- μ_3 -(methoxy)(methanol)-pentakis(acetylacetonato) (tricuprum(II), dysprosium(III)) (I), with the following composition: $[\text{Cu}_3\text{Dy}(\text{AA})_5(\text{OCH}_3)_4\text{CH}_3\text{OH}]$, where $\text{HAA} = \text{H}_3\text{C}-\text{C}(\text{O})-\text{CH}_2-\text{C}(\text{O})-\text{CH}_3$. The electrical conductivity of the obtained material was measured in pressed form. For the complex compound (I), the number of valence electrons in one molecule was calculated to be 276; mass of one molecule - $166,777 \cdot 10^{-20} \text{ kg}$; the total number of molecules in the volume of a cylindrical sample with a mass of 0.138 g and a volume of $19,72 \cdot 10^{-9} \text{ m}^3$ - $8,274 \cdot 10^{13} \text{ molec}$; In the temperature range of 303 – 413 K, the resistivity of the pressed sample decreases from $9 \cdot 10^{10}$ to $7 \cdot 10^4 \Omega \cdot \text{cm}$, which confirms that the selected compound is a semiconductor with a band gap of 1.38eV. The conductive properties of the complex compound as a function of the magnetic field were investigated.

Key words: magnetic field, concentration, semiconductor, conductive properties, complex compound.

Oleksandr Volodymyrovych Osadchuk - Ph.D., Professor, Head of the Department of Information Radio-Electronic Technologies and Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: osadchuk.av69@gmail.com

Volodymyr Valeriyovych Martynyuk - Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of the Department of General Physics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: martynyuk.v.v@vntu.edu.ua

Halyna Ivanivna Martynyuk - assistant professor of the Department of Information Radioelectronic Technologies and Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: martunyuk@gmail.com