

ФІЗИЧНІ ПАРАМЕТРИ СИНТЕЗОВАНОЇ ГЕТЕРОМЕТАЛІЧНОЇ КОМПЛЕКСНОЇ СПОЛУКИ

¹ Вінницький національний технічний університет;

² Вінницький національний медичний університет

Анотація

Розглянуто можливість використання нового синтезованого напівпровідникового матеріалу, як матеріалу, чутливого до впливу температури та магнітного поля. Показано синтез гетерометалічного μ -ізопропокси (мідь (II), вісмуту (III)) ацетилацетонату (I).

Ключові слова: магнітне поле, індукція, концентрація, напівпровідник, гетерометалічні комплексні сполуки.

Abstract

Consider using a new synthesized semiconductor material as a material sensitive to the effects of temperature or magnetic field. The synthesis of heterometallic μ -isopropoxo (copper(II), bismuth(III)) acetylacetonate (I) is shown.

Keywords: magnetic field, induction, concentration, semiconductor, heterometallic complex compounds.

Вступ

Використання напівпровідникових сенсорів в виробництві, техніці, сільському господарстві є невід'ємною складовою сьогодення, а тому вимірювання параметрів електричних та неелектричних величин є доволі актуальною науково-технічною задачею [1]. Синтез нових напівпровідникових комплексних сполук, фізичні параметри яких змінюються під дією температури та магнітного поля є також доволі актуальною задачею [2-3]. Створенні первинні сенсори на основі таких матеріалів дають можливість розроблювати нові більш чутливі термо- та магніточутливі вторинні давачі [4-5].

Метою роботи є дослідження залежності фізичних параметрів синтезованого напівпровідникового матеріалу від впливу температури та магнітного поля.

Результати дослідження

З метою пошуку нових гетерометалічних комплексних сполук, які володіють напівпровідниковими властивостями була розроблена методика синтезу гетерометалічного μ -ізопропокси(ку-прум(II), бісмут(III)) ацетилацетонату (I), такого складу: $[\text{Cu}_3\text{Bi}(\text{C}_5\text{H}_7\text{O}_2)_4(\text{OC}_3\text{H}_7\text{-i})_5]$, де $\text{C}_5\text{H}_7\text{O}_2 = \text{H}_3\text{C}-\text{C}(\text{O})-\text{CH}-\text{C}(\text{O})-\text{CH}_3$.

Для синтезованого гетерометалічного μ -ізопропокси(купрум(II), бісмут(III)) ацетилацетонату проведено елементний аналіз, а також магнетохімічне, ІЧ-спектроскопічне і термогравіметричне дослідження на основі яких встановлено склад сполуки (I), що відповідає такій хімічній формулі: $[\text{Cu}_3\text{Bi}(\text{C}_5\text{H}_7\text{O}_2)_4(\text{OC}_3\text{H}_7\text{-i})_5]$, де $\text{C}_5\text{H}_7\text{O}_2 = \text{H}_3\text{C}-\text{C}(\text{O})-\text{CH}-\text{C}(\text{O})-\text{CH}_3$.

Детальний аналіз отриманих експериментальних даних фізико-хімічних досліджень для виділеної сполуки (I) дозволив запропонувати схему розміщення хімічних зв'язків. Молекула гетерометалічного μ -ізопропокси(купрум(II), бісмут(III)) ацетилацетонату, вірогідно, являє собою куб, у вершинах якого розташовані три атоми Купруму(II) та один атом Бісмуту(III), що з'єднані атомами Оксигену ізопропокси-груп, кожна з яких виконує роль тридентатного ліганда (рис. 1) [10].

Для виділеної комплексної сполуки $[\text{Cu}_3\text{Bi}(\text{C}_5\text{H}_7\text{O}_2)_4(\text{OC}_3\text{H}_7\text{-i})_5]$, розраховано молярну масу, яка дорівнює 1090,5 г/моль та кількість валентних електронів в одній молекулі – 289.

Для проведення експериментальних досліджень використовували циліндричний зразок масою 0,14

г та об'ємом $17,67 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3$, який виготовляли з комплексної сполуки (I) методом пресування. Виходячи з цих даних за формулою (1) було розраховано густину речовини:

$$\rho = m / v = 7,923 \cdot 10^3 \text{ кг} / \text{м}^3 \quad (1)$$

де ρ – густина речовини; m – маса експериментального зразка; V – об'єм експериментального зразка.

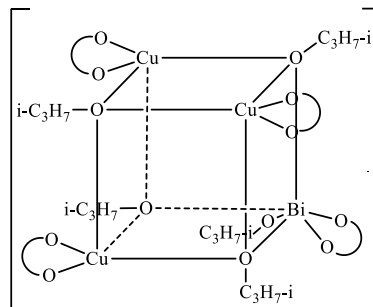


Рисунок 1 – Схема розміщення хімічних зв'язків в μ -ізопропоксо(купрум(II), бісмут(III)) ацетилацетонаті

Для знаходження маси однієї молекули розглянутої сполуки (I) використали формулу (2):

$$m_0 = M / N_A = 181,086 \cdot 10^{-20} \text{ кг} , \quad (2)$$

де m_0 – маса однієї молекули сполуки; N_A – число Авогадро; M – молярна маса сполуки (I).

Скориставшись формулою (3), змогли розраховувати загальну кількість молекул в об'ємі досліджуваного циліндричного зразка, що заповнений сполукою (I).

$$N_{\text{мол}} = m / m_0 = 7,73 \cdot 10^{13} \text{ молек.} , \quad (3)$$

де $N_{\text{мол}}$ – загальна кількість молекул; m_0 – маса однієї молекули сполуки (I); m – маса експериментального зразка.

Кількість валентних електронів знайшли за формулою (4):

$$N = 259 \cdot N_{\text{мол}} = 2233,97 \cdot 10^{13} . \quad (4)$$

При температурі 313 К, розраховували концентрацію носіїв заряду:

$$n = N / V = 126,427 \cdot 10^{22} \text{ м}^{-3} . \quad (5)$$

Проведені дослідження, в спресованому вигляді, електропровідних властивостей μ -ізопропоксо(купрум (II), бісмут (III)) ацетилацетонату в інтервалі температур 313 – 413 К показали, що при збільшенні температури його питомий опір різко зменшується від $7 \cdot 10^{10} \text{ Ом} \cdot \text{см}$ до $4 \cdot 10^2 \text{ Ом} \cdot \text{см}$, що є типовим для напівпровідникових матеріалів. Експериментальні вимірювання дали можливість розрахувати питому провідність матеріалу для цих температур. Для $T_1 = 313 \text{ К}$ - $\sigma_1 = 1,43 \cdot 10^{-9} (\text{Ом} \cdot \text{м})^{-1}$, а для $T_2 = 413 \text{ К}$ - $\sigma_2 = 25 \cdot 10^{-2} (\text{Ом} \cdot \text{м})^{-1}$. Данні експериментальні дослідження дали можливість визначити ширину забороненої зони:

$$\Delta E = \frac{k \ln \frac{\sigma_1}{\sigma_2}}{\left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)} = 3,38574 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} = 2,116 \text{ eV} , \quad (6)$$

де T – абсолютна температура; σ – питома провідність матеріалу; k - стала Больцмана.

Виходячи з розрахунків отримали підтвердження, що даний матеріал є напівпровідником з носіями струму обох знаків.

Висновки

Експериментальні дослідження електропровідних властивостей μ -ізопропоксо (купрум(II), бісмут (III)) ацетилацетонату в інтервалі температур 313 К – 413 К, в спресованому вигляді, показало, що при збільшенні температури його питомий опір різко зменшується від $7 \cdot 10^{10}$ до $4 \cdot 10^2 \text{ Ом} \cdot \text{см}$, це є

типовим для напівпровідникових матеріалів. Інтервал робочих температур складає від +273 до +493 К, причому розкладання хімічної сполуки відбувається з 523 К, концентрація носіїв заряду зростає від $1,3 \cdot 10^{19} \text{ м}^{-3}$ при 273 К до $3,395 \cdot 10^{36} \text{ м}^{-3}$ при 493 К, при цьому константа Холла при збільшенні температури від 273 К до 493 К зменшується від $0,566 \text{ м}^3 \cdot \text{Кл}^{-1}$ до $2,167 \cdot 10^{-18} \text{ м}^3 \cdot \text{Кл}^{-1}$, напруга Холла в діапазоні магнітного поля від 0 до 1000 мТ змінюється від $8,32 \cdot 10^{-14}$ до $8,32 \cdot 10^{-12} \text{ В}$.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Осадчук В. С. Сенсори тиску і магнітного поля / В. С. Осадчук, О. В. Осадчук. – Вінниця: «Універсум-Вінниця», 2005. – 207 с.
2. Осадчук О. В. Перетворювач магнітного поля на основі магніточутливого діода та активно-індуктивного елемента / [О. В. Осадчук, В. В. Мартинюк, О. М. Жагловська, Л. В. Крилик] // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2017 – №1. – С. 93–98.
3. Осадчук О. В. Магніточутливий сенсор на основі гетерометалевої комплексної сполуки / [О. В. Осадчук, В. В. Мартинюк, М. В. Євсєєва, О. О. Селецька] // Вісник Хмельницького національного університету. – 2019 – №3. – С. 97–101.
4. Осадчук В. С. Сенсори магнітного поля на основі польових транзисторів / В. С. Осадчук, О. В. Осадчук, В. В. Мартинюк // *Materialy VII Miedzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «Naukowa mysl informacyjnej rowieki – 2011»* – Sp. z.o.o. «Nauka i studia». – 2011. – С. 38–42.
5. Осадчук В. С. Мікроелектронний перетворювач магнітної індукції з частотним виходом / [В. С. Осадчук, О. В. Осадчук, В. В. Мартинюк, О. П. Стівбчата] // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2011. - № 5. – С. 157–163.
6. 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.
7. 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.
8. Самусь Н. М. Гетерометаллические (лантаноид или иттрий, p- 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. 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.
10. 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.

Мартинюк Володимир Валерійович — канд. техн. наук, доцент кафедри загальної фізики, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: gyra16@gmail.com

Євсєєва Марія Василівна — канд. хім. наук, доцент кафедри фармацевтичної хімії, Вінницький національний медичний університет, м. Вінниця

Науковий консультант: **Осадчук Олександр Володимирович** — д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри радіоелектроніки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Martyniuk Volodymyr Valeriiovych - Candidate of Philology tech. Sciences, Associate Professor of General Physics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: gyra16@gmail.com

Evseeva Maria Vasylivna - Candidate of Philology chem. Sciences, Associate Professor of Pharmaceutical Chemistry, Vinnytsia National Medical University, Vinnytsia

Scientific consultant: Osadchuk Oleksandr Volodymyrovych - Dr. Tech. Sciences, Professor, Head of the Department of Radio Electronics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia