

універсальної теорії інформатики, ми повинні врахувати цю тезу [1] та результати розвитку основ математики, теорії інформації та кібернетики.

Література

1. Trokhimchuck P. Main Problems the Creation of Universal Theory the Computer Science. International Journal of Computers, 9, 2024. P. 27-36.
2. Кухтенко А. И. Кибернетика и фундаментальные науки. Киев: Наукова Думка, 1987. 144 с.
3. Бир С. Мы и сложность современного мира. В “Кибернетика сегодня: проблемы и суждения”. Москва: Знание, 1976. С. 7 – 32. (In Russian)
4. George F. H. Foundations of cybernetics. London, Paris, New York: Gordon and Breach Science Publishing, 1977. 260 p.
5. Trokhimchuck P. “S. Beer Centurial Problem in Cybernetics and Methods of its resolution,” in Advanced in computer science, Mukesh Singla, Eds., vol. 7, ch.5, , New Delhi: AkiNik Publications, 2020. P. 87-117.
6. Trokhimchuck P. Theories of Everything: Past, Present, Future. Saarbrücken: Lambert Academic Publishing, 2021. 260 p.
7. Ружа И. Основания математики. Киев: Вища школа, 1981. 352 с.
8. Russel B. Introduction to mathematical philosophy. London: George Allen & Unwin, LTD. Museum street, 1948. 208 p.
9. Whitehead A. N. Science and the modern World. N.-Y.: Pelican Mentor Books, 1948. 224 p.
10. de Broglie L. La Thermodynamique de la particule isolée (ou la thermodynamique cachée des particules). Paris: Gauthier Villars, 1964. 104 p.

Застосування методу систем кінетичних рівнянь Вольтерри та Лотка-Вольтерри в релаксаційній оптиці

Трохимчук П. П., Сахан В. В.

Кафедра теоретичної та комп’ютерної фізики і мені А. В. Свідзинського,

Волинський національний університет імені Лесі Українки

Trokhimchuck.Petro@vnu.edu.ua; trope1650@gmail.com

В другій половині XIX століття виникла проблема кроликів в Австралії, що виявились достойними конкурентами фермерів. І зараз їх число коливається в межах 0,6 – 0,7 мільярда. Цю задачу вперше розв’язав Віто Вольтерра та опублікував її наприкінці XIX століття в журналі «Acta mathematica», що видавався в Стокгольмі Міттаг-Лефлером. Пізніше це ввійшло в його курс лекцій, що були прочитані в Сорбоні та опубліковані французькою мовою [1]. Ця задача отримала назву два види, що їдять одну їжу.

Окрім того, в тій же популяційній біології виникла задача, коли один вид поїдає інший (хижак і жертва) Ця задача розв’язувалась багатьма дослідниками в галузі біології та медицини, зокрема вірусології. Її частинний розв’язок наведений в книзі А. Лотки [2], а більш загальний в лекціях В. Вольтерри [1]. Через це ці рівняння інколи називають рівняння Лотка-Вольтерри [3-8].

Якщо б в середовищі, де мешкають ці види, знаходився лише один із них, а саме жертва, то у нього був би деякий коефіцієнт приросту ε_1 , який ми будемо припускати постійним і додатним. Другий вид (хижак), що харчується тільки (або в основному) жертвою, в припущенні, що він існує ізольовано, має деякий коефіцієнт приросту – ε_2 , який будемо вважати постійним і від’ємним. Коли такі два види існують в обмеженому середовищі, перший буде розвиватися тим повільніше, чим більше існує індивідів другого виду, а другий – тим швидше, чим чисельнішим буде перший вид [1-8].

Для моделювання динамічних (хронологічних) процесів релаксаційної оптики доцільно використовувати формалізм кінетичних рівнянь В.Вольтерри. Ці рівняння доцільно використовувати тоді, коли є декілька конкуруючих синфазних процесів. На основі загального аналізу систем рівнянь Вольтерри можна побудувати системні критерії управління та прогнозування відповідних процесів та явищ [6-8].

Нами був вибраний наступний сценарій. Джерелом генерації донорних центрів $InSb$ є

імпульсне випромінювання рубінового лазера. Причиною нейтралізації цих центрів є температура. Ці центри обумовлюють структурні зміни в напівпровіднику. Будемо аналізувати “чисті” хронологічні. Часовий розподіл відповідних центрів може бути описаний за допомогою рівнянь Вольтерри.

Система рівнянь для трьох “партнерів” взаємодії має вигляд:

$$\begin{aligned}\beta_1 \frac{dN_1}{dt} &= (-\alpha_1 \beta_1 + a N_2) N_1; \\ \beta_2 \frac{dN_2}{dt} &= (-\alpha_2 \beta_2 - a N_1 + b N_3) N_2; \\ \beta_3 \frac{dN_3}{dt} &= (-\alpha_3 \beta_3 - b N_2) N_3.\end{aligned}\quad (1)$$

Де N_1, N_2, N_3 – концентрації центрів донорного, акцепторного та нейтрального типів, відповідно; $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ статистичні ваги відповідних центрів; $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, a, b$ коефіцієнти відповідних типів взаємодій.

Перший інтеграл цієї системи має наступну форму

$$N_1^{\beta_1 b} N_3^{\beta_3 a} = C \exp\{(\alpha_3 \beta_3 a - \alpha_1 \beta_1 b)t\}. \quad (2)$$

де C – стала.

Формула (2) може бути використана для неперервних та імпульсних процесів. Для імпульсних процесів головне значення має різниця $\alpha_3 \beta_3 a - \alpha_1 \beta_1 b$. Час t в (2) рівний часу макроскопічної релаксації τ_r опроміненого матеріалу. Для скінченного часу концентрації N_1 та N_3 маю скінченне значення. Концентрація нейтральних центрів N_2 відіграє буферну роль для переходу від донорних центрів до акцепторних та навпаки. Розв’язок (2) має місце для додатних змін концентрацій N_1^0, N_2^0, N_3^0 для моменту часу t_0 . Цей може бути вибраний для будь-якої стадії процесу опромінення.

Критерій оцінки умови виживання одного з двох центрів може бути представлений в наступному вигляді.

$$\frac{\alpha_3 \beta_3}{b} = \frac{\alpha_1 \beta_1}{a}; \quad \frac{\alpha_3 \beta_3}{b} > \frac{\alpha_1 \beta_1}{a}; \quad \frac{\alpha_3 \beta_3}{b} < \frac{\alpha_1 \beta_1}{a}. \quad (3)$$

Перша формула (4.25) характеризує стан рівноваги N_1 та N_3 , друга – більш інтенсивну генерацію центрів першого (донорного) типу N_1 та третя – більш інтенсивну генерацію центрів другого (акцепторного) типу N_3 . Співвідношення $\frac{\alpha_1 \beta_1}{a}, \frac{\alpha_2 \beta_2}{b}, \frac{\alpha_3 \beta_3}{b}$ є середніми рівноважними концентраціями N_1, N_2 та N_3 відповідно.

Коефіцієнти $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, a, b$ можуть мати різні значення та різні знаки. Виходячи з цього система розв’язків, інтегралів та критеріїв може мати доволі широкий спектр застосувань.

Основні закономірності задачі хижак-жертва для двох видів дає **закон зміни середніх** [7]. *Якщо два види знищуються рівномірно і пропорційно числу їх індивідів (досить малому для того, щоб флуктуації збереглися), то середнє число жертв зростає, а хижаків – спадає.*

Якщо знищуються тільки хижаки ($\alpha = 0, \beta \neq 0$), то їх середнє число не змінюється, а у жертв воно збільшується. Якщо збільшуються тільки жертви ($\alpha \neq 0, \beta = 0$), то їх середнє число не змінюється, а в хижаків воно спадає.

Добавимо, що якщо знищуються тільки хижаки, то немає необхідності накладати обмеження на інтенсивність знищення.

Можна зробити тільки одне другорядне зауваження: період малих флуктуацій зменшується, коли знищуються жертви, і збільшується, коли знищуються хижаки. Але в обох випадках відношення амплітуд збільшується.

Таким чином нами проаналізовано основні сценарії задачі хижак-жертва згідно [26].

Література

1. Volterra V. *Lecçons sur la théorie mathématique de la lutte pour la vie*. Paris:Gauthiers-Villars, 1931. 214 p.
2. Lotka, A.J.: *Elements of Physical Biology*. Baltimore: Williams & Wilkins, 1925. 460 p.
3. Baccarè N. *Histoires de mathématiques et de populations*. Paris: Cassini, 2008. 211 p.
4. Haken H. *Synergetics. An Introduction. Nonequilibrium phase transitions and Self-Organization in Physics, Chemistry and Biology*. Berlin a.o.: Springer-Verlag, 1977. 325 p.
5. Свідзинський А. В. *Математичні методи теоретичної фізики*. Т.1. Київ: Ін-т теорет. фізики, 2009. 396 с.
6. Trokhimchuk P.P. About application kinetic Volterra equations and Haken method for the hierarchic dynamical processes modeling// *Management systems and information technologies*, №2(28), 2008. С.23–27.
7. Трохимчук П. П. *Математичні основи знань. Поліметричний підхід*. Луцьк: Вежа-Друк, 2014. 624 с.
8. Trokhimchuk P. P. *Theories of Everything: Past, Present, Future*. Saarbrücken: Lambert Academic Publishing, 2021. 260 p.

ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТВЕРДИХ РОЗЧИНІВ

$Pb_4Ga_4GeSe_{12}-Pb_4Ga_4GeS_{12}$

Шигорін О.П., Новосад О.В., Гомілко В.В.

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

У роботі досліджувались термоелектричні властивості твердих розчинів $Pb_4Ga_4GeSe_{12}-Pb_4Ga_4GeS_{12}$ з вмістом 10, 20 та 30 мол.% $Pb_4Ga_4GeS_{12}$. Методика одержання твердих розчинів $Pb_4Ga_4GeSe_{12}-Pb_4Ga_4GeS_{12}$ та деякі фізичні властивості монокристалів $Pb_4Ga_4GeSe_{12}$ та $Pb_4Ga_4GeS_{12}$ представлені в роботах [1,2]. Слід відмітити, що халькогеніди свинцю (PbX , де $X=S, Se, Te$) використовуються як матеріали для термоелектричних перетворювачів енергії [3,4]. Почетверені напівпровідникові сполуки $Pb_4Ga_4GeSe(S)_{12}$ є перспективними для розробки нових нелінійно-оптичних матеріалів [5].

Методика досліджень термоелектричних властивостей твердих розчинів $Pb_4Ga_4GeSe_{12}-Pb_4Ga_4GeS_{12}$ описана в [6].

Термоелектричними методами встановлено, що досліджувані тверді розчини є напівпровідниками n -типу провідності. Значення коефіцієнтів Зеєбека (α) становили 205 мкВ/К, 220 мкВ/К, 240 мкВ/К для сполук $Pb_4Ga_4GeSe_{12}-Pb_4Ga_4GeS_{12}$ з вмістом 10, 20 та 30 мол.% $Pb_4Ga_4GeS_{12}$ відповідно. Найвищими значення питомої електропровідності при $T \approx 300$ К володіли кристали $Pb_4Ga_4GeSe_{12}-Pb_4Ga_4GeS_{12}$ з вмістом 20 мол.% $Pb_4Ga_4GeS_{12}$. Високі значення питомої електропровідності ($\sigma \approx 170 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$) можуть свідчити про стан досліджуваних напівпровідникових матеріалів, близький до виродженого. Найвищі значення термоелектричної потужності ($\alpha^2 \cdot \sigma = 8,2 \cdot 10^{-6} \text{ Вт/м} \cdot \text{К}^2$) властиві сполукам $Pb_4Ga_4GeSe_{12}-Pb_4Ga_4GeS_{12}$ з вмістом 20 мол.% $Pb_4Ga_4GeS_{12}$.

Маючи високі значення коефіцієнта Зеєбека, тверді розчини $Pb_4Ga_4GeSe_{12}-Pb_4Ga_4GeS_{12}$ з вмістом 10, 20 та 30 мол.% $Pb_4Ga_4GeS_{12}$ є перспективними матеріалами для виготовлення чутливих термодатчиків. Про перспективність даних сполук як матеріалів для термоелектричної генерації можна буде стверджувати після досліджень їх коефіцієнта теплопровідності.

Література

1. G. L. Myronchuk, O. Nyhmatullina, M. Y. Rudysh et al. Impact of Structural Defects on the Electronic and Optical Properties of $Pb_4Ga_4Ge(S,Se)_{12}$ Crystals. *Physica B: Condensed Matter*. 2025. Vol. 699. P. 416834