

МЕТОД ВХІДНОГО КОНТРОЛЮ СТРУКТУРНО-ЧУТЛИВИХ ПАРАМЕТРІВ НЕКРИСТАЛІЧНИХ НАПІВПРОВІДНИКІВ

Розроблено метод вхідного контролю структурно-чутливих параметрів некристалічних напівпровідників на основі диференційно-термічного аналізу.

The method of input control of structure-sensitive parameters of amorphous semiconductors based on the differential thermal analysis was developed.

Ключові слова: диференційно-термічний аналіз (ДТА), пам'ять на фазових переходах (PCM), вхідний контроль, критерій Фішера, t -критерій.

Вступ

Все більше розповсюдження мобільних електронних пристроїв, що мають обмежений ресурс енергоспоживання, але по характеристикам їх можна зрівняти з пристроями настільного типу (ПК тощо), таких як потужні ноутбуки, карманні комп'ютери, 3G-мобільні телефони і смартфони, мініатюрні аудіо- і відеоплеєри, пристрої типу «triple play», призвело до підвищення вимог до характеристик вбудованої пам'яті. Однією з новітніх розробок в даній сфері є новий тип енергонезалежної пам'яті – пам'ять на фазових переходах (PCM). Даний тип пам'яті заснований на унікальній поведінці халькогенідних напівпровідників, які при нагріванні можуть перемикатися між двома станами: кристалічним і аморфним. В останніх версіях пам'яті змогли додати ще два додаткових стани, ефективно подвоївши інформаційну ємність чипів. PCM – енергонезалежна пам'ять є запам'ятовуючим пристроєм з високою швидкістю зчитування і запису даних, яка споживає значно менше енергії у порівнянні з традиційною флеш-пам'яттю.

Актуальною задачею при виробництві пам'яті на фазових переходах є організація вхідного контролю некристалічних (халькогенідних) напівпровідників для підвищення кількісного та якісного вихідного рівня готової продукції. Дана стаття присвячена розробці методу і структурної схеми вхідного контролю структурно-чутливих параметрів некристалічних напівпровідників.

Постановка завдання

Метою статті є розробка методу вхідного контролю структурно-чутливих параметрів некристалічних напівпровідників при виробництві пам'яті на фазових переходах (PCM).

Об'єктом дослідження статті є процес вимірювального контролю структурно-чутливих параметрів некристалічних напівпровідників.

Предметом дослідження статті є метод вхідного контролю структурно-чутливих параметрів некристалічних напівпровідників на основі диференційно-термічного аналізу.

Метод вхідного контролю структурно-чутливих параметрів некристалічних напівпровідників при виробництві пам'яті на фазових переходах

Метод ефективний при дослідженнях халькогенідних склоподібних напівпровідників для порівняльного аналізу молекулярної структури з метою оцінки ступеня придатності матеріалу для виробництва пам'яті на фазових переходах (PCM). Суть методу полягає у встановленні ідентичності досліджуваних зразків із еталонним для встановлення придатності або непридатності партії некристалічних напівпровідників для промислового виробництва пам'яті на фазових переходах. Ідентифікація проводиться інструментальним шляхом. В якості інструментального методу використовується диференційно-термічний аналіз. Ідентифікація із застосуванням диференційно-термічного аналізу проводиться в два етапи:

- перший етап – отримання ідентифікаційних термоаналітичних характеристик в результаті проведення випробувань з використанням статистичних методів обробки та обрахунку середніх величин і дисперсій;

- другий етап – встановлення ідентичності (рівності) досліджуваного зразка ідентифікатору на основі порівняння дисперсій і середніх величин значимих характеристик диференційно-термічного аналізу з використанням статистичних критеріїв – Фішера (F) і t -критерію.

Зразки для дослідження відбираються відповідно до стандартів або технічних умов. Маса, форма та розмір досліджуваних зразків вибираються в залежності від типу приладу, що виробляється, при цьому вказані характеристики зразків повинні фіксуватися у відповідних протоколах проведення вхідного контролю.

До значимих характеристик диференційно-термічного аналізу відносяться:

- пікові температури фазових переходів некристалічних напівпровідників;
- час, за який проходить фазовий перехід некристалічного напівпровідника;
- енергія активації відповідного процесу фазового переходу некристалічного напівпровідника.

До якісних характеристик диференційно-термічного аналізу відносяться:

- інтервали температур, всередині яких проходять відповідні процеси фазових переходів некристалічних напівпровідників;
- екстрапольовані значення температури початку та кінця протікання термоаналітичних ефектів;

- теплові ефекти в абсолютних одиницях по ДТА-кривим.

В результаті диференційно-термічного аналізу отримують відповідні графічні залежності (термограми). Обробка графічних залежностей проводиться з використанням відповідного програмного забезпечення приладу диференційно-термічного аналізу.

В результаті обробки графічних зображень для кожної нормованої точки і сукупності паралельних досліджень визначають:

- середнє арифметичне за формулою

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \quad (1)$$

де x_1, x_2, \dots, x_n – величини значимої характеристики диференційно-термічного аналізу;

- відхилення d від середнього арифметичного значення за формулами:

$$d_1 = x_1 - \bar{X}, d_2 = x_2 - \bar{X}, \dots, d_n = x_n - \bar{X}; \quad (2)$$

- середньоквадратичне відхилення повторюваності (сходимості) результатів вимірювання S для кожної точки по формулі

$$S = \sqrt{\frac{d_1^2 + d_2^2 + \dots + d_n^2}{n-1}}. \quad (3)$$

Встановлення ідентичності зразків.

Ідентифікація двох досліджуваних зразків – ідентифікатора та зразка, що потрапив на аналіз проводиться на основі порівняння наступних критеріїв ідентифікації:

- кількості ДТА-максимумів на відповідних кривих;
- всіх значимих характеристик.

Для цих цілей матеріал, що потрапив на дослідження проходить аналіз і проводиться обробка результатів відповідно до запропонованої методики. Результати досліджень порівнюються з аналогічними, отриманими для ідентифікатора. Порівняння проводиться за наступною схемою. Обраховуються дисперсії S для кожної значимої точки за формулою:

$$s = S^2 \quad (4)$$

Виявляється належність дисперсій, що порівнюються, одній і тій же генеральній сукупності (перевірка нуль-гіпотези, тобто $S_1 = S_2$) на основі порівняння критеріїв Фішера (F -критерій) – експериментального $F_{експ}$ і теоретичного $F_{теор}$ з використанням такої нерівності

$$F_{експ} < F_{теор}, \quad (5)$$

де $F_{експ} = \frac{S_1^2(f_1)}{S_2^2}$; S_1^2, S_2^2 – дисперсії нормованих точок ідентифікатора і досліджуваного зразка

матеріалу некристалічного напівпровідника; при цьому в чисельнику завжди ставиться більша дисперсія, тобто

$$S_1^2 > S_2^2 \left(\frac{S_1^2}{S_2^2} > 1 \right); F_{теор} \text{ вибирається з табличних значень [2] в залежності від ступенів свободи } f_1 \text{ і } f_2.$$

Якщо для кожної значимої характеристики нерівність (3.5) виконується, то ноль-гіпотеза підтверджується. В цьому випадку випадкові похибки обох серій досліджень близькі по величині та не викликані впливом на них складу матеріалу некристалічних напівпровідників. В іншому випадку ($F_{експ} > F_{теор}$) робиться висновок про те, що матеріали некристалічних напівпровідників не ідентичні.

У випадку виконання нерівності (3.5) для кожної значимої характеристики проводиться порівняння двох середніх за допомогою t -критеріїв ($t_{експ}$ і $t_{теор}$) в наступному порядку:

- для кожної значимої точки визначається усереднена дисперсія за формулою

$$S_{cp}^2 = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{(n_1 + n_2 - 1)}, \quad (6)$$

де n_1 – кількість дослідів ідентифікатора; n_2 – кількість дослідів досліджуваного матеріалу некристалічного напівпровідника;

- $t_{експ}$ обраховується за формулою

$$t_{експ} = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) \sqrt{n_1 \cdot n_2}}{\sqrt{S_{cp}^2} \sqrt{n_1 + n_2}}. \quad (7)$$

Якщо знайдено значення $t_{експ}$ по абсолютній величині виявиться меншим $t_{теор}$

$$t_{експ} < t_{теор}, \quad (8)$$

де $t_{теор}$ визначається згідно табличних даних [2] при заданих рівню значимості та числу ступенів

свободи об'єднаної вибірки ($f = n_1 + n_2 - 2$), то нуль-гіпотеза приймається і порівняння середніх для кожної нормованої характеристики не дає значимого розходження.

Якщо знайдене значення $t_{експ}$ по абсолютній величині виявиться більшим $t_{теор}$ ($t_{експ} > t_{теор}$), то нуль-гіпотеза відхиляється і значення середніх для кожної характеристики диференційно-термічного аналізу мають значні розходження.

Порівнюванні зразки матеріалів вважаються ідентичними за результатами диференційно-термічного аналізу на основі наступних висновків:

- співпадає кількість основних (значимих) ДТА-максимумів;
- значимі характеристики диференційно-термічного аналізу задовольняють нерівностям (5), (8).

На рисунку 1 подано структурну схему розробленого методу входного контролю структурно-чутливих параметрів фазових переходів некристалічних напівпровідників. Установа для ДТА містить піч 5, в якій розміщуються два тигля з досліджуваним 1 і еталонним 2 зразками, на які наведені автогенераторні вимірювальні перетворювачі 3 і 4. Керування швидкістю нагрівання печі здійснюється мікроконтролером через пристрій для нагрівання печі. При однаковій температурі двох зразків вихідний сигнал буде рівний нулю, а при протіканні ендо- і екзотермічних реакцій в досліджуваному зразку на термограмі при відповідних температурах з'являються піки, направлені в протилежні сторони.

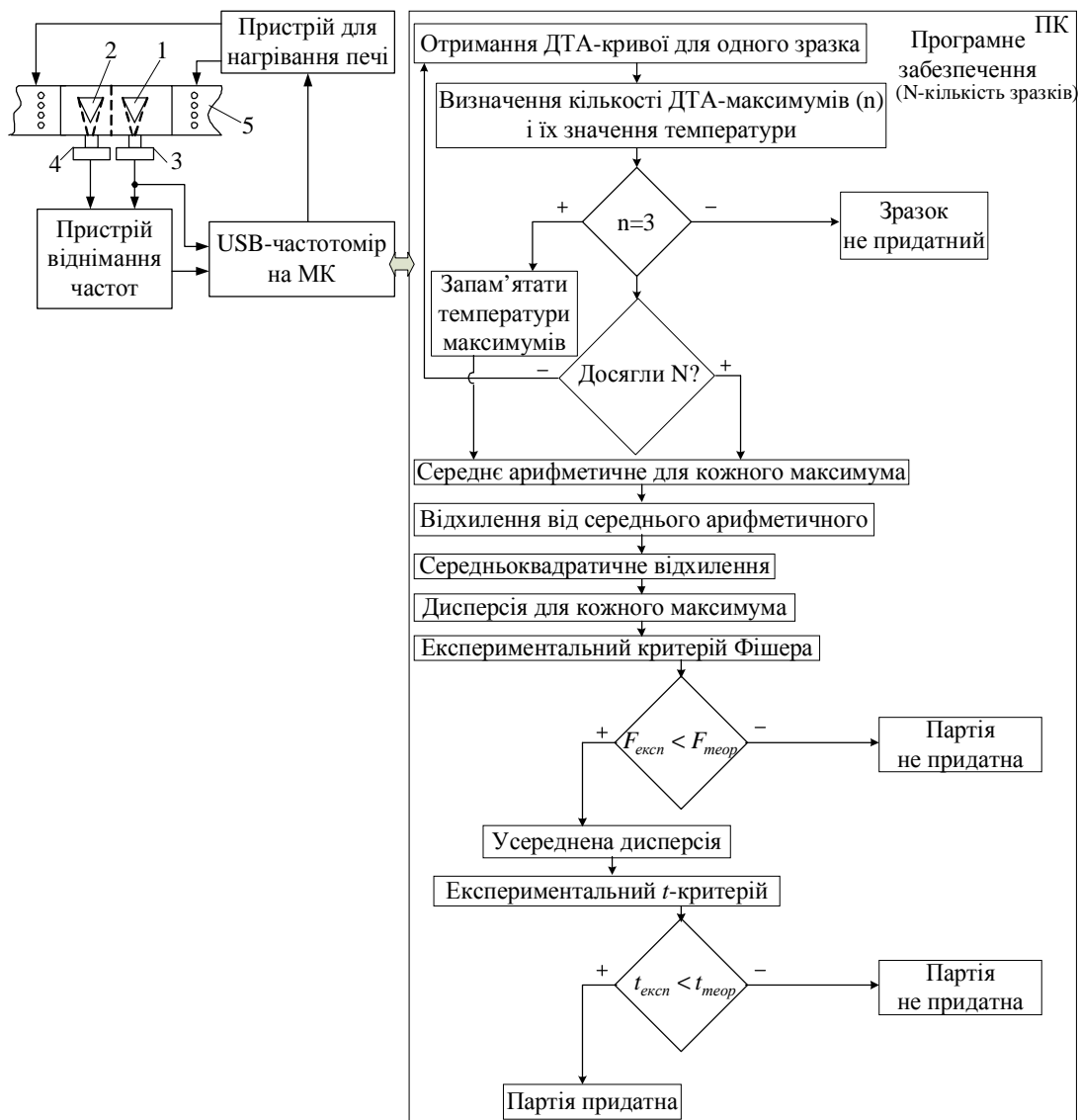


Рис. 1. Структурна схема розробленого методу входного контролю структурно-чутливих параметрів некристалічних напівпровідників на основі використання критерію Фішера і t -критерію

Висновки

В даній статті було вирішено важливу науково-прикладну проблему розроблення методу входного контролю структурно-чутливих параметрів некристалічних напівпровідників, який заснований на диференційно-термічному аналізі досліджуваних зразків та використанні критерію Фішера та t -критерію при визначенні придатності партії некристалічних напівпровідників.

Практичною цінністю роботи є розроблена структурна схема методу входного контролю

структурно-чутливих параметрів некристалічних напівпровідників, яка дозволяє підвищити вірогідність контролю.

Література

1. Redaelli A. Reliability study of phase-change nonvolatile memories / A. Redaelli, A. Pellizzer, F. Ottogalli and other // IEEE Transactions on Device and Materials Reliability. – Sept. 2004. – Vol. 4, issue 3. – P. 422—427. ISSN 1530-4388.
2. Дерффель К. Статистика в аналитической химии / Дерффель К. – М. : Мир, 1969. – 248 с.

Надійшла 22.5.2012 р.
Рецензент: д.т.н. Кучерук В.Ю.

УДК 004.05

О.В. ПОМОРОВА, О.С. ЛИСАК
Хмельницький національний університет

НЕЙРОМЕРЕЖНИЙ МЕТОД ОЦІНКИ СКЛАДНОСТІ ПРОГРАМНИХ СИСТЕМ

У статті проведено аналіз методів оцінки складності систем. Представлено метод оцінки складності програмних систем з використанням штучної нейронної мережі. Описано процес формування навчальної вибірки, навчання та функціонування штучної нейронної мережі.

This paper presents the result of analysis of methods for assessing the complexity of systems. The method for estimates the complexity of software systems using artificial neural network are presented. The process of educational selection, training and operation of artificial neural network are described.

Ключові слова: штучна нейронна мережа, метод оцінки складності, програмна система, інформаційна складність, структурна складність.

Вступ. Оцінка складності програмної системи має суттєвий вплив на прийняття рішень стосовно доцільності та вартості реалізації проекту цієї системи. Від складності системи залежить трудомісткість, терміни розробки і бюджет проекту. Між складністю та надійністю системи також існує тісний зв'язок. Очевидно, що чим вища складність системи, тим вищі вимоги до засобів забезпечення її надійності. За приблизними оцінками, на сьогодні витрати на розробку програмного забезпечення складають близько 275 мільярдів доларів, 72 % проектів досягають етапу впровадження і лише 26 % усіх проектів завершуються успішно. Однією з причин таких низьких показників завершення проектів є невірна оцінка складності проекту при формуванні бюджету та команди розробників, тому задача оцінки складності програмних систем є актуальною та потребує нагального розв'язання.

Кожен розробник індивідуально підходить до оцінки складності системи, обчислюючи її за тими критеріями, які на його думку є найбільш вагомими. Р.В. Мешеряков у статті "Критерій структурної складності інформаційної системи" [1], основним параметром складності пропонує використовувати показник ентропії для оцінки трудомісткості виконуваних операцій в інформаційній системі. На прикладі оцінки структурної складності задач аналізу та синтезу мовного сигналу автор ілюструє методику розбиття блоків обробки інформації для перерозподілу ресурсів у відповідності до кількості інформації, що опрацьовується у кожному блоці. Також інформаційну ентропію як основний критерій складності виділяють К. Willcox, D. Allaire, J. Deyst у роботі [2]. Федорів Р.В [3] пропонує проводити обчислення базової оцінки складності програмних інформаційних систем на основі принципу оптимальності Белмана. Пошук оптимальної ієрархії розривів дуг виконується повним перебором всіх можливих варіантів. На кожному рівні рекурсії здійснюється пробний розрив дуг орграфа з наступним обчисленням складності системи. Таким чином забезпечується пошук оптимальної ієрархії розривів дуг, що приводить оцінку складності до глобального мінімуму. Колмогоров опирається на алгоритмічну оцінку складності програмного коду [4]. Складність Колмогорова базується на ентропії Шенона, котра відповідає інтуїтивному уявленню про міру інформації.

Обчислення складності систем потребує значних затрат часу та ресурсів. Тому для оцінки складності програмних систем, особливо на початкових етапах життєвого циклу – проектування, програмування компонентів і т.і., доцільним є визначення не точних оцінок складності, а динаміки її зростання чи спадання залежно від зміни значень параметрів, що характеризують програмну систему. У такому випадку для оцінки складності програмних систем доцільним є використання інтелектуальних методів, зокрема апарату штучних нейронних мереж (ШНМ), котрі на основі неповних та неточних даних дають можливість здійснити оцінку складності та виявити динаміку її зміни при модифікації значень параметрів програмної системи.

Постановка задачі. Розробити нейромережний метод оцінки складності програмних систем, котрий забезпечить можливість врахування різних характеристик таких систем.

Огляд відомих методів обчислення складності систем. На сьогодні науковцями розроблено ряд методів визначення складності систем. Розглянемо найбільш відомі методи.