

17. Вишне夫斯基, В. М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей [Текст] / В. М. Вишне夫斯基. — М.: Техносфера, 2003. — 512 с.
18. Ластовченко, М. М. Системный анализ эффективности функционирования широкополосной транспортной платформы интеллектуальных сетей [Текст] / М. М. Ластовченко, В. Е. Русецкий, В. Н. Ярошенко // Математичні машини і системи. — 2006. — № 1. — С. 28–39.

#### АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ РЕСУРСІВ МУЛЬТИСЕРВІСНОЇ ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ

Стаття присвячена завданню забезпечення вимог щодо оперативності обміну інформацією в інформаційно-телекомунікаційних мережах. Виконано аналіз факторів і методів, що визначають ефективність інформаційно-телекомунікаційної мережі. Показано, що ефективність використання мережних ресурсів може бути підвищена за рахунок розробки й застосування методів адаптивного керування. Сформульована математична оптимізаційна задача вибору найбільш ефективного мережного протоколу.

**Ключові слова:** інформаційно-телекомунікаційна мережа, адаптивне управління, критерій ефективності.

**Косенко Віктор Васильович**, кандидат технічних наук, доцент, Харківський науково-дослідницький інститут технології машинобудування, Україна, e-mail: kosv.v@ukr.ua.

**Бугас Дмитрій Николаевич**, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, кафедра управління проектами в городському господарстві і будівництві, Харківський національний університет городського господарства ім. А. Н. Бекетова, Україна.

**Косенко Віктор Васильович**, кандидат технічних наук, доцент, Харківський науково-дослідницький інститут технології машинобудування, Україна.

**Бугас Дмитро Миколайович**, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, кафедра управління проектами в міському господарстві і будівництві, Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова, Україна.

**Kosenko Viktor**, Kharkiv Scientific-Research Institute of Mechanical Engineering Technology, Ukraine, e-mail: kosv.v@ukr.ua.

**Bugas Dmytro**, O. M. Beketov National University of Urban Economy, Kharkiv, Ukraine

УДК 004.942

DOI: 10.15587/2312-8372.2015.51795

Кравченко О. В.

## МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ДЕГРАДАЦІЇ КОМП'ЮТЕРНИХ КОМПОНЕНТІВ ДИСКРЕТНИХ ПРИСТРОЇВ

В статті змодельовано фізичну поведінку складових матеріалів комп'ютерних компонент дискретних пристроїв та досліджено умови їх деградації. Процес моделювання надає можливість проводити попередню оцінку поведінки композитних складових дискретного пристрою, що прискорює дослідження процесу деградації у часі.

**Ключові слова:** надійність, дискретний пристрій, композитний матеріал, аналіз, моделювання, фізична деградація.

### 1. Вступ

Створення та дослідження матеріалів з наперед заданими властивостями займає одне з провідних місць на полі досліджень фізичної деградації. В процесі технологічного створення комп'ютерних компонентів треба комбінувати різні типи однорідних матеріалів. Завдяки поєднанню цих матеріалів можна отримати композитні матеріали, для яких важливим є питання міцності та надійності.

Процес деградації матеріалу дискретного пристрою проходить «повільно» у відношенні до амортизаційного часу роботи самого пристрою. Фізична деградація комп'ютерних компонентів призводить до неправильної роботи дискретних пристроїв.

Необхідність та доцільність попередніх досліджень (моделювання) обумовлена наступними обставинами. Відомо, що поверхня твердого тіла і взагалі поверхня поділу будь-яких суцільних середовищ має досить суттєвий вплив на механізм фізико-хімічних процесів в самих тілах і, відповідно, контактуючих середовищах. Зазначений вплив має місце в технологічних процесах виготовлення композитних матеріалів, експлуа-

тації елементів конструкцій із них тощо. Важливою є та обставина, що фізико-хімічні властивості в околі межі поділу контактуючих середовищ можуть суттєво відрізнитись від аналогічних властивостей всередині середовища.

### 2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Застосування інтегральних мікросхем в спеціальній та вимірювальній апаратурі дозволяє отримувати вироби з наперед заданими вихідними параметрами. Стабільність параметрів виробів в даному випадку багато в чому визначається тимчасовим дрейфом опору тонкоплівкових резисторів, що входять в конструкції мікросхем. Для з'ясування причин зміни властивостей тонкоплівкових резисторів представляють інтерес дослідження процесів, що відбуваються в них з часом [1].

Для виготовлення напівпровідникових інтегральних схем ІМС використовують у більшості випадків пластини монокристалічного кремнію р-або n-типу провідності, забезпеченими епітаксialними і так званими «прихованими» шарами. В якості легуючих домішок,

за допомогою яких змінюють провідність вихідного матеріалу пластини, застосовують сполуки бору, сурми, фосфору, алюмінію, галію, індію, миш'яку, золота. Для створення між'єднань і контактних майданчиків використовують алюміній і золото. Застосовувані матеріали повинні мати дуже високу чистоту: вміст домішок в більшості матеріалів, використовуваних при виготовленні напівпровідникових мікросхем, не повинно перевищувати  $10^{-5} \dots 10^{-9}$  частин основного матеріалу.

Змінюючи певним чином концентрацію домішок у різних частинах монокристалічної напівпровідникової пластини, можна отримати багатозарову структуру, яка б відтворювала задану електричну функцію і до певної міри еквівалентну звичайному дискретному резистору, конденсатору, діоду або транзистору [2].

Важливим фактором, який має враховуватися при визначенні можливості застосування будь-якого матеріалу або технологічного процесу виробництва дискретних пристроїв, є його сумісність з іншими живимими матеріалами [2].

При виготовленні ІМС застосування отримали кремній, германій, арсенід і фосфід галію, індій індію, карбід кремнію [3].

У роботі [4] наведено фізику розробки компактної моделі пластин, що слугуватимуть основою для мікросхеми чи всього дискретного пристрою.

При дослідженнях особливу увагу привертають зони поєднання двох різних матеріалів. Фізико-хімічні процеси, які спричиняють появу міжфазових утворень, мають різне походження. Звідси виникає потреба у створенні моделі конкретного класу задач механіки міжфазової взаємодії, що дозволить враховувати всі складові композитної конструкції при їх розв'язку. Відповідно до цього треба оцінити наскільки наближений розв'язок відповідає реальним значенням характеристик задачі, що розв'язується — це є ще однією з актуальних проблем даної роботи.

Застосування методів моделювання поведінки матеріалів у тих, чи інших умовах [5, 6] надають переваги до вивчення нових матеріалів та нових методів, нових наноматеріалів класичної та некласичної структури пристроїв для CMOS «підвищення» і CMOS «заміни» у системах обробки, що у майбутньому призводить до енергоефективності, високопродуктивності та інформаційності.

### 3. Об'єкт, мета і завдання дослідження

Процес моделювання надає можливість проводити попередню оцінку поведінки композитних складових дискретного пристрою, що прискорює дослідження процесу деградації у часі.

*Об'єкт дослідження* — матеріал комп'ютерних компонент дискретного пристрою.

*Метою* проведення дослідження є аналіз фізичного забезпечення надійності дискретних пристроїв комп'ютерних систем.

Для досягнення поставленої мети необхідно:

- побудувати моделі матеріалу комп'ютерних компонент;
- змоделювати фізичну поведінку складових відповідно до заданих умов;
- описати результати моделювання поведінки моделі композитних матеріалів.

### 4. Моделювання процесу деградації комп'ютерних компонентів дискретних пристроїв

Моделлю поперечного перерізу компоненти дискретного пристрою є прямокутна основа, що містить волокнисте включення. На межі контакту складових композиту враховується існування міжфазового прошарку [7]. Дослідження поведінки матеріалу ІМС в залежності від розмірів міжфазового прошарку проведемо в середовищі Matlab, моделюючи поведінку функції напруження, від значень якої залежатиме міцність (крихкість) матеріалу.

Диференціальне рівняння відносно функції напруження представимо у вигляді:

$$\frac{1}{G} \frac{\partial^2 u}{\partial x_1^2} + \frac{1}{G} \frac{\partial^2 u}{\partial x_2^2} + 2\theta = 0, \quad (1)$$

де  $G$  [Н/см<sup>2</sup>] — модуль зсуву матеріалу,  $\theta$  [рад/см] — коефіцієнт крихкості матеріалу.

Доповнимо рівняння (1) крайовою умовою:

$$u = 0. \quad (2)$$

Дослідимо вплив товщини та пружно-пластичних характеристик міжфазового прошарку SFM на функцію напружень, а відтак і коефіцієнту крихкості, у процесі зношення (роботи) компонентів ІМС.

Спочатку змодельємо задачу для безмірного коефіцієнту зношеності матеріалу кремнію  $f = 10$  та коефіцієнтами умов спряження на внутрішній  $R1B = 1/16$ ,  $R2B = 1/20$  і зовнішній  $R13 = 1/8, R23 = 1/12$  межах області SFM (рис. 1).

Умови спряження на межах області міжфазового прошарку визначаються зі співвідношень концентрації компонентів матеріалів компонентів дискретного пристрою. Детальний опис умов переходу наведено в статті [8].

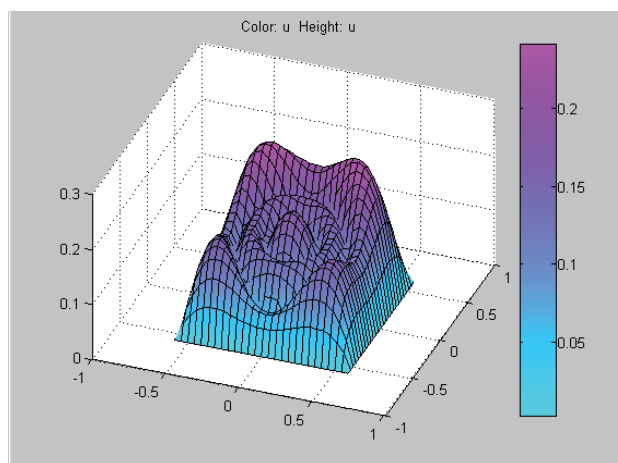


Рис. 1. Значення функції напружень для безмірного коефіцієнту зношеності матеріалу  $f = 10$  та товщини міжфазового прошарку 0,1

Змінюючи товщину міжфазового прошарку з 0,1 на 0,15, яка змінилася в процесі деградації складових матеріалів, отримаємо графічне зображення функції напруження з різницею модуля пластичності матеріалів 2, на рис. 2.

Графічне зображення функції напруження для міжфазового прошарку товщиною в 0,2 одиниць та різницею модуля пластичності матеріалів 2 (рис. 3).

У табл. 1 автор даної роботи отримав значення функції напруження, від значень якої залежатиме міцність (крихкість) матеріалу при різній товщині міжфазового прошарку. За даними показниками можемо говорити, що при збільшенні товщини прошарку йде різке зростання функції напруження. Відповідно зростає коефіцієнт крихкості матеріалу ІМС у відповідному часовому поясі зношування.

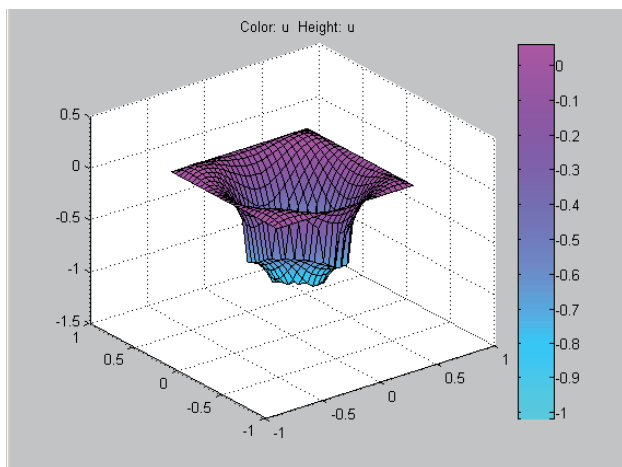


Рис. 2. Значення функції напружень для безмірного коефіцієнту зношеності матеріалу  $f = 10$  та товщини міжфазового прошарку 0,15

значень можна говорити, що зі збільшенням розмірів міжфазового прошарку у створеному композиті (основа мікросхеми, напой) вплив зовнішніх факторів (струм) на матеріал пристрою посилюється, що призводить до його крихкості та руйнування. Тому, попереднє дослідження на взаємний вплив матеріалів дозволяє оцінити надійність дискретного пристрою з точки зору фізичної відповідності.

В подальшому плануються дослідження залежності надійності роботи дискретного пристрою в часі від коефіцієнта крихкості матеріалу.

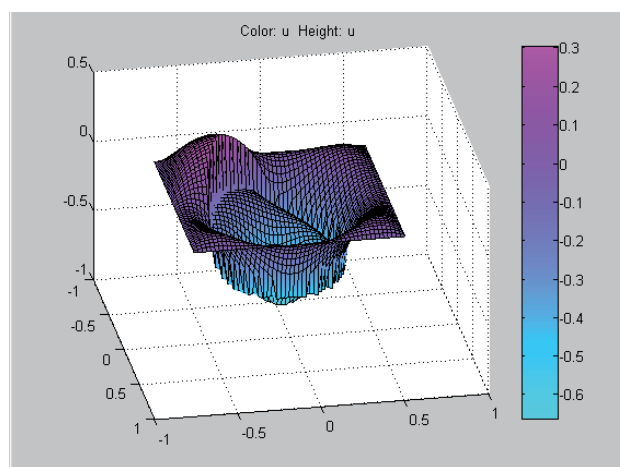


Рис. 3. Значення функції напружень для безмірного коефіцієнту зношеності матеріалу  $f = 10$  та товщини міжфазового прошарку 0,2

Таблиця 1

Значення функції напруження, від значень якої залежатиме міцність (крихкість) матеріалу при різній товщині міжфазового прошарку

Номер вузла	SFM = 0,1 при 2	SFM = 0,1 при 4	SFM = 0,15 при 2	SFM = 0,15 при 4	SFM = 0,2 при 2	SFM = 0,2 при 4	Без прошарку
1	0,11295	0,11295	0,094846	-0,34409	0,32838	-0,32352	—
2	0,086016	0,086016	0,03234	-0,33572	0,32617	-0,26833	—
3	0,10145	0,10145	0,084574	-0,48758	0,34023	-0,30696	—
4	0,055975	0,055975	0,15251	-0,47083	0,22675	-0,31566	—
5	-0,14908	-0,14908	-0,0084617	-1,1904	0,93898	-0,63451	0,79799
6	-0,15238	-0,15238	-0,028165	-1,1898	0,88476	-0,67554	0,7464
7	-0,18914	-0,18914	-0,021166	-1,2775	0,63005	-0,85103	0,75162
8	-0,13319	-0,13319	-0,0013031	-1,2708	0,67296	-0,8343	0,81411
9	0,074066	0,074066	0,09253	-0,23444	0,40914	-0,27459	0,78587
10	0,28782	0,28782	0,088792	-0,45649	0,3568	-0,2605	0,75895
11	0,040883	0,040883	0,15313	-0,47831	0,348	-0,3113	0,7993
12	0,12908	0,12908	0,16101	-0,44093	0,33793	-0,31238	0,82795
13	-0,11965	-0,11965	-0,018658	-1,1579	—	—	—
14	-0,19422	-0,19422	-0,026904	-1,2448	0,70804	-0,81496	—
15	-0,14738	-0,14738	-0,0099729	-1,2843	0,62617	-0,85644	—
16	-0,15259	-0,15259	0,00029004	-1,2388	0,76859	-0,7751	—

## 5. Обговорення результатів дослідження впливу фізичного стану матеріалу компонент дискретного пристрою

В процесі дослідження автором статті було отримано таблицю значень функції напруження, від значень якої залежатиме міцність (крихкість) матеріалу при різній товщині міжфазового прошарку. Відповідно до отриманих

## 6. Висновки

Відповідно до робіт [9, 10], що присвячені причинам деградації матеріалів дискретних пристроїв, у даній роботі було проведено моделювання поведінки фізичних властивостей матеріалів компонент дискретного пристрою, які є однією з причин деградації.

Відповідно до поставленої мети автором статті було:

1. Побудовано модель матеріалу комп'ютерних компонент.
2. Змодельовано фізичну поведінку складових відповідно до заданих умов.
3. Описано результати моделювання поведінки моделі композитних матеріалів.

Крихкість матеріалу викликає збої в роботі приладу за рахунок неправильного проходження струму в  $n-p-n$  переходах та зменшує їх надійність. Дослідження впливу фізичної структури матеріалу компонент ІМС дозволяє оцінити значення коефіцієнтів крихкості, що дозволяє попередньо оцінити надійність пристрою та продовжити час його експлуатації.

### Література

1. Хансен, М. Структура двойных сплавов [Текст]: справочник / М. Хансен, К. Андерко. — Москва: Металлургиздат, 1962. — 608 с.
2. Якубовський, С. В. Аналогові та цифрові інтегральні мікросхеми [Текст]: довідковий посібник / під ред. С. В. Якубовського. — 2-ге вид., перероб. і доп. — М.: Радіо і зв'язок, 1985. — 432 с.
3. Пасинків, В. В. Матеріали електронної техніки [Текст] / В. В. Пасинків, В. С. Сорокін. — 2-ге вид., перероб. і доп. — М.: Вища Школа, 1986. — 367 с.
4. Wong, H.-S. P. Carbon nanotube electronics — Materials, devices, circuits, design, modeling, and performance projection [Text] / H.-S. P. Wong, S. Mitra, D. Akinwande, C. Beasley, Y. Chai et al. // 2011 International Electron Devices Meeting. — Institute of Electrical & Electronics Engineers (IEEE), 2011. — P. 23.1.1–23.1.4. doi:10.1109/iedm.2011.6131594
5. Mehta, J. U. III-V Tunnel FET Model With Closed-Form Analytical Solution [Text] / J. U. Mehta, W. A. Borders, H. Liu, R. Pandey, S. Datta, L. Lunardi // IEEE Transactions on Electron Devices. — Institute of Electrical & Electronics Engineers (IEEE), 2015. — P. 1. doi:10.1109/ted.2015.2471808
6. Maffezzoni, P. Modeling and Simulation of Vanadium Dioxide Relaxation Oscillators [Text] / P. Maffezzoni, L. Daniel, N. Shukla, S. Datta, A. Raychowdhury // IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Regular Papers. — 2015. — Vol. 62, № 9. — P. 2207–2215. doi:10.1109/tcsi.2015.2452332
7. Златкін, А. А. Аналіз причин деградації матеріалів дискретних пристроїв комп'ютерних систем [Текст] / А. А. Златкін,

О. В.Кравченко, О. С. Вовчановський // Технологічний аудит та резерви виробництва. — 2014. — № 5/3(19). — С. 37–41. doi:10.15587/2312-8372.2014.27934

8. Кравченко, О. В. Математична модель міжфазової взаємодії в композитах та уточнення моделі методами обчислювальної математики [Текст] / О. В. Кравченко // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. — Луганськ, 2003. — № 7 (65). — С. 84–88.
9. Кравченко, О. В. Исследование причин деградации материала дискретных устройств для обеспечения их надежности [Текст] / О. В. Кравченко // Materiály XI mezinárodní vědecko-praktická konference «Věda a technologie: krok do budoucnosti-2015». Technické vědy. Matematika.Moderní informační technologie. Výstavba a architektura. — Praha: Publishing House «Education and Science», 2015. — Díl. 17. — P. 77–80.
10. Кравченко, О. В. Прогнозирование надежности дискретных устройств на основе моделирования процессов деградации композитных материалов компьютерных [Текст] / О. В. Кравченко // Современный научный вестник. — Белгород, 2015. — № 9(256). — С. 77–82.

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДЕГРАДАЦИИ КОМПЬЮТЕРНЫХ КОМПОНЕНТОВ ДИСКРЕТНЫХ УСТРОЙСТВ

В статье смоделировано поведение составляющих материалов компьютерных компонент дискретных устройств и исследованы условия их деградации. Процесс моделирования позволяет проводить предварительную оценку поведения композитных составляющих дискретного устройства, ускоряет исследования процесса деградации во времени.

**Ключевые слова:** надежность, дискретное устройство, композитный материал, анализ, моделирование, физическая деградация.

*Кравченко Ольга Віталіївна, старший викладач, кафедра інформаційних технологій проектування, Черкаський державний технологічний університет, Україна, e-mail: kravchenko\_ov@ukr.net.*

*Кравченко Ольга Віталіївна, старший преподаватель, кафедра информационных технологий проектирования, Черкасский государственный технологический университет, Украина.*

*Kravchenko Olga, Cherkasy State Technological University, Ukraine, e-mail: kravchenko\_ov@ukr.net*

УДК 004.522

DOI: 10.15587/2312-8372.2015.51796

Штепа А. А.

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МНОГОКАНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ РЕЧЕВЫХ КОМАНД

Повышения эффективности системы распознавания речевых команд в сложной акустической обстановке рассматривается в рамках повышения соотношения сигнал/шум за счет применения нескольких направленных микрофонов, пространственного разделения сигналов и адаптивной компенсации. Предложены критерий и алгоритмы определения канала, содержащего полезный сигнал на основе лингвистического этапа процесса распознавания речевых команд.

**Ключевые слова:** распознавание речевых команд, адаптивная компенсация, мера близости.

### 1. Введение

Голосовой интерфейс занимает лидирующие позиции в ряду методов взаимодействия человека с электрон-

ными устройствами. Управление с помощью речевых команд освобождает глаза и руки оператора, что положительно сказывается на эффективности его работы, снижая утомляемость и количество ошибок, связанных