

ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ КОНВЕРГЕНЦІЇ ДЛЯ МЕМС АКТЮАТОРІВ

Д.т.н. І.Ш. Невлюдов, к.т.н. В.А. Палагін, к.т.н. Р.Ю. Аллахверанов, Харківський національний університет радіоелектроніки

Мікроелектромеханічні актюари складаються з пристроїв різноманітної фізичної природи, таких як авіа-, гідро-, акусто-, механічні, опто-, електричні і т.д. та його особливих якостей. Конвергенція такого пристрою у єдине ціле являється основним принципом технології мікросистем. Гнучкість має істотне значення у мікродомінах та є базою для систем з розподіленими та зосередженими гнучкими елементами.

Микроэлектромеханические актюаторы состоят из устройств различной физической природы, таких как авиа-, гидро-, акусто-, механическая, опто-, электрические, и т.д., и его особых качеств. Конвергенция такого устройства в единое целое является основным принципом технологии микросистем. Гибкость имеет существенное значение в микродоменах и является базой для систем с распределенными и сосредоточенными гибкими элементами.

Microactuators consist of devices different physical nature such as air-, hydro-, acoustic-, mechanical, opto-, electrical, etc and its special qualities. Convergence such device in single whole is main principle of microsystems technologies. Flexibility is great value in microdomain and is base for systems with distributed and concentrated flexible elements.

Ключові слова: Актюатори, мікроелектро-механічні системи, конвергенція

Введення

Основними видами компонентів мікросистемної техніки (МСТ) є сенсори та актюатори. Напрямо робіт, пов'язаний зі створенням мікроманіпуляторів, мікророботів та малих машин є дуже важливим зважаючи на їх високі показники точності маніпулювання, швидкодії, рівню керованості, інтелектуальності та низькому споживанню енергії, матеріалоемності, вартості при масовому виробництві [1].

Ефективними сферами застосування мікроактюаторів є хірургія і медицина взагалі, космічна та військова техніка, приладо- та машинобудування, інтелектуальні технології, побутова техніка, техніка, що працює в надзвичайних ситуаціях.

Актуальною задачею є створення базового комплексу типових компонентів таких як мініатюрні приводи, перетворювачі енергії, мікромеханічні з'єднувачі з робочим інструментом, інструмент надзвичайної твердості.

Основна частина

Враховуючи вплив скейлінгу, згідно «вектору сил»

[2] $F = [L_1, L_2, L_3, L_4]^T$, який вказує на швидкість

спадання сил від зменшення розмірів, ефективними джерелами енергії для мікроактюаторів стають електростатичні, п'єзоелектричні, електро-мікрорідинні сили, реактивні сили термічних процесів, сили поверхневого натягу та сили, що завдаються тиском газів та рідин. Малоєфективними стають сили електромагнітної взаємодії.

Нижче наведений перелік різних фізичних явищ та створюваних ними сил, які в різних сполученнях їх в МСТ можуть забезпечити поліпшення властивостей мікропристроїв у порівнянні макроаналогами:

- повітряні (аеро-, газові) середовища характеризуються статичним тиском, динамічною можливістю створювати підйомну та реактивну силу, здатність проникнення в мікро- та мезопори, проміжки, передавати звукові, електромагнітні та світлові хвилі;

- акустичні середовища здатні змінювати свої властивості під дією механічних сил та електричної напруги (прямий та зворотній п'єзоєфекти), електрострикція, інтроскопія ультразвуковими та мегазвуковими хвилями, перетворення енергії механічної, електричної, звукової; взаємодія акустичних та електромагнітних хвиль, інтенсивність УЗ-коливань пропорційна квадрату частоти;

- гідравлічні (рідинні) – поверхневий натяг, тиск, капілярні сили, кавітація, гідроудар, гідроакустичні хвилі, мала стискаємість, різні фазові стани та їх зміна, гідростатичні сили, реактивні сили горіння;

- механічні явища та відповідні їх характеристики – вага (маса), інерція, жорсткість при різних видах деформації (розтяг, стискання, згин, зсув, крутіння, зріз), узагальнені сили, які залежать від конфігурації деформуємих (рухливих) елементів, зосереджені та розподілені пружності, керована конфігурація деталей, збільшення швидкодії при мініатюризації, беззбірні структури, кристалічний та аморфний стан, анізотропія властивостей;

- оптичні явища – прозорість, поглинання, заломлення, відбиття, випромінення, фотозбудження, керування характеристиками за допомогою механічних, електричних, магнітних, хімічних дій, перетворення сонячної енергії, волоконно-оптичні лінії зв'язку, активні та пасивні компоненти телекомунікацій, мініатюрні оптоз'єднувачі;

- фотонні явища – збудження, ініціалізація, іонізація, полімеризація, поліконденсація, фотосинтез, люмінесценція, когерентне випромінювання, оптична розв'язка, дистанційна дія та обробка матеріалів, зміна властивостей матеріалів, лазерне охолодження;

- електричні явища – електростатичні, електродинамічні, гальванічні, електромагнітні та інші види дій та взаємодії;

- магнітні явища – різні види магнітоопору (балістичний, гігантський, колосальний, тунельний, екстраординарний), особлива поведінка феромагнітних рідин;

- термoeфекти: (тепло) Джоуля – Ленца, Зеєбека, Пельтьє, тепловий запис інформації, датчики високих температур, перегріта рідина, горіння, напрямлений та не напрямлений вибух, (крио) надпровідність, конденсат Бозе – Ейнштейна, матеріали з запам'ятовуванням форми, нульові коливання;

- хемоефекти – окислення – відновлення, іонізація, каталіз, гальванічні процеси, полімеризація, самоскладання, самовідновлення, переключення електропровідності та інші;

- мікроелектроніка – основні технологічні операції (вакуумні методи нанесення; фотолітографія; мікрозварювання; лазерна, електронна, іонна та плазмова обробка, наноімпринтинг);

- атомно-молекулярні – самореплікація, самоорганізація, самовідновлення, цілеспрямований фізико-хімічний синтез, напівпровідникові ефекти, нульові коливання, конденсат Бозе-Ейнштейна, полімеризація, поліконденсація;

- нові матеріали – матеріали з інтелектуальними властивостями, нові стани речовини (квантові точки, стрижні...), графен, графан, фулерени, вуглецеві нанотрубки, пористі кераміки, органічні мало дефектні полімери, ДНК, фотонні кристали, мікроструктуровані оптичні волокна, феромагнітні рідини, перовскітові плівки.

Аналіз фізико-математичних основ мікромініатюризації компонентів, що входять до складу МЕМС, а також об'єднання в одному чипі (корпусі) пристроїв різної природи: механічних, електричних (електронних), акустичних, оптичних, магнітних, теплових, аеро-, гідро, хімічних та інших взаємодіючих компонентів МСТ (МЕМС, МАЕМС, МОЕМС, МРЕМС) приводять до зміни електрофізичних параметрів систем. Саме цілеспрямована конвергенція (сумісне використання) діючих явищ різної фізичної природи з урахуванням зменшення лінійних розмірів і аналогій фізичних процесів є основним принципом створення компонентів мікросистемних пристроїв.

Зменшення розмірів мікроблоків та їх компонентів ускладнює процеси складання пристроїв. З метою вирішення проблем трудоемності складання та підвищення надійності розроблюються основи теорії безскладальних гнучких пристроїв на основі аеро-, гідростатичних, електростатичних, п'єзоелектричних та інших ефектів [3]. Прикладами такої техніки є об'єкти живої природи. Черв'яки, восьминоги, хобот слона та багато інших істот слугують прототипами безскладальних та одночасно надзвичайно універсальних «механізмів» і взірцями для втілення.

Корисною властивістю таких конструкцій є гнучкість, яка використовується для збереження міцності в протилежність звичному для техніки способу зміцнення за рахунок збільшення розмірів, маси, використання надміцних матеріалів тощо. При цьому варіанти використання гнучкості можуть бути різними: гнучкість

може бути розподіленою (як у лука для стрільби), гнучкість може бути зосередженою (як у цільній конструкції корпус-плоска пружина-кришка), гнучкість, що забезпечує змінність форми, морфінг (крило літака, човна), аеро- та гідростатичні каркаси, космічні платформи станцій великої площі, платформи морського видобутку нафти, панелі фотоелектричних батарей). Змінність форми досягається комбінованим використанням перших двох форм гнучкості.

МЕМС конструкції такого типу демонструють надзвичайно високу надійність. Так, пристрій для оптичного перемикачання (фототиристор), який змінює кут повороту дзеркала та напрям світлового сигналу, створено у вигляді монолітного підсилювача руху, спроможного при з'єднанні з електростатичним двигуном забезпечити пересування на 20 мкм. Підсилювач виготовлено з монолітного полікремнію. При випробуваннях на 10^{10} перемикач не було жодного збою. Слід зазначити, що гнучкість елементів конструкції заощаджує значну кількість матеріалів, які потрібні для виготовлення актюаторів. Це дає можливість використання у конструкції більш якісних матеріалів, наприклад, дорогоцінних металів, що сприяє підвищенню надійності пристроїв.

Гнучкі конструкції з гідростатичним каркасом витискають роботів-змій з рухомо-з'єднаними елементами і знайдуть широке застосування в гнучких і безпечних для людини маніпуляторах промислових роботів.

Гнучкі конструкції виготовляються як монолітні структури, придатні для масового виготовлення, наприклад, у вигляді рою комах, бджіл, мурашок.

Застосування актюаторів у вигляді множини однотипових або ієрархічно організованих структур дозволить виконувати складні функції навіть з втратою деякої підмножини керованих об'єктів.

Гнучкі безскладальні конструкції в майбутньому займуть в техніці визначне місце.

Висновки

Основним принципом створення МЕМС актюаторів високої ефективності є конвергенція діючих в межах одного пристрою явищ різної фізичної природи з урахуванням зменшення лінійних розмірів елементів та аналогій фізичних процесів. Гнучкі конструкції є ефективним засобом створення МЕМС актюаторів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Семенець В.В. Введення в мікросистемну техніку та нанотехнології [Текст] підручн. для ВНЗ/ В.В. Семенець, І.Ш. Невлюдов, В.А. Палагін // X.: вид. «Комп. СМІТ», 2011. – 416с.
2. Trimmer, W.S.N. Sensors and Actuators [Text], /W.S.N. Trimmer// JSA, Volume 19, Number 3, September 1989, pages 267 – 287.
3. Кота, Сридхар Конструкції перемінної форми [Текст] /Сридхар Кота// «В мире науки» №7-8, 2014, с. 82-90.