

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ БІО-ПРИЛАДІВ НА ОСНОВІ MEMS

М. Ю. Білоус, К.Г. Медова

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14

E-mail: maryna.bilous@nure.ua, kateryna.medova@nure.ua

У даній статті розглядаються сучасні біо-прилади на основі MEMS. Розглянуто використання MEMS у медицині. Проаналізовано такі біо-прилади як мікронасоси, мікророботи, phase maker. В результаті аналізу виявлені основні особливості. Зроблено висновки щодо прогресу біо-приладів на основі MEMS.

Ключові слова: MEMS, мікророботи, біо-прилади, технології.

ANALYSIS OF MODERN BIO-DEVICES BASED ON MEMS

M. Bilous, K. Medova

Kharkiv Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av, 14

E-mail: maryna.bilous@nure.ua, kateryna.medova@nure.ua

This article discusses modern bio-devices based on MEMS. The use of MEMS in medicine is considered. Such bio-devices as micro pumps, micro robots, and phase maker are analyzed. As a result of the analysis, the main features were identified. Conclusions are drawn about the progress of bio-devices based on MEMS.

Keywords: MEMS, microrobots, bio-devices, technologies.

Мікроелектромеханічні системи (MEMS) – пристрої, що об'єднують в собі мікроелектронні і мікромеханічні компоненти [1]. Зараз досить важко зустріти системи в яких не використовуються датчики, виконані за даною технологією.

Ці системи здатні сприймати, контролювати і приводити в дію в мікромасштабі і функціонувати, працювати індивідуально або в масивах для створення ефектів в макромасштабі. З початку середини 1970-х років MEMS (мікроелектромеханічні системи) перетворилися на інноваційну технологію, створивши нові можливості в фізичних, хімічних і біологічних датчиках і виконавчих пристроях [2]. Незважаючи на те, що технологія MEMS виникає з технологій виготовлення мікросхем, методи випробувань обох технологій значно відрізняються один від одного. Це пов'язано з тим, що MEMS-пристрої реагують як на електричні, так і на неелектричні (фізичні, хімічні, біологічні та оптичні) стимули.

Технології просунулися до такої міри, що на сьогодні можна створювати машини настільки маленькі, що їх неможливо побачити людським оком. Типовий розмір MEMS-пристроїв зазвичай вимірюється в мікрометрах або навіть мікронах. Використовуючи ті ж технології виготовлення, що і при створенні мікропроцесорів, тепер можна створювати датчики і виконавчі механізми на одному мікроскопічному рівні з процесорним чіпом. Вимірювані в мікронах теплові датчики, датчики тиску, інерційні датчики, датчики витрати і в'язкості, резонатори, важелі, шестерні, системи передачі, мікрозеркала, клапани, насоси, двигуни можуть бути виготовлені серійно разом на одному чіпі з блоком обробки. Вони дійсно складають систему на чіпі. Ця технологія відкриває абсолютно нову область застосування, обмежену, можливо, тільки уявою.

Можна робити медичні та біомедичні пристрої настільки маленькими, що їх можна вводити в кровотік людини. Вони можуть вибірково вбивати хворі клітини або мікроби, залишаючи здорові тканини тіла недоторканими. Вони можуть розумно контролювати вміст речовин у крові та випускати ліки, коли це необхідно. Мікрохірургії надають нового

значення інтелектуальні МЕМС-пристрої. Керовані зовнішніми центральними комп'ютерами, пристрої мікрохірургії МЕМС можуть виконувати операції всередині людського тіла без будь-яких порізів на шкірі. Через деякий час, можливо, навіть зможуть провести обробку і секвенування ДНК прямо на місці.

Пристрої МЕМС можна розділити на наступні шість різних типів залежно від основних областей застосування. До них відносяться:

1) Датчики. Цей клас МЕМС виготовлений для сприйняття змін і взаємодії з навколишнім середовищем. Ці класи МЕМС містять хімічні, датчики руху, інерції, теплові та оптичні датчики.

2) Виконавчі механізми. Такого роду пристрої створюються для подачі живлення або для активації інших компонентів. У МЕМС приводи приводяться в дію або електростатично, або термічно.

3) RF МЕМС. Ці пристрої використовуються для зміни або передачі височастотних або радіочастотних сигналів. Деякі відмінні пристрої включають в себе: металеві контактні вимикачі, шунтуючі вимикачі, перебудовуються конденсатори, антени і т.д.

4) Оптичні МЕМС. Вони виготовлені для направлення, відображення, фільтрації та/або посилення світла. До них відносяться оптичні перемикачі та відбивачі.

5) Мікрофлюїдні МЕМС. Це ті пристрої, які призначені для взаємодії з рідинними середовищами. Деякі пристрої, такі як насоси та клапани, були розроблені для переміщення, виштовхування та змішування невеликих об'ємів рідини.

6) Біо-МЕМС. У цій категорії пристрої призначені для взаємодії з білками, біологічними клітинами, медичними реагентами і т.д. і може бути використаний для доставки ліків або інших в будь-якій ситуації медичного аналізу.

Нова технологія, яка використовується при виготовленні біо-МЕМС – це технологія, яка передбачає використання механічних мікроінструментів [3, 4]. Причина використання цього методу полягає в точності й ефективності.

При виготовленні більшості біо-МЕМСів використовуються неорганічні матеріали, такі як скло або пластик, але з розвитком технологій виробники вважають за краще використовувати кремній для виготовлення біо-МЕМСів, оскільки його легко виготовити, він доступний в достатку і довговічний по порівнянню зі склом і пластиком.

Навіть незважаючи на те, що багато біо-МЕМСів використовують кремній для виготовлення, деякі застосування біо-МЕМС вимагає виготовлення біо-МЕМСів з використанням різних типів полімерів, так як це економічно вигідно і скорочує витрати часу при виготовленні.

Невелике застосування біо-МЕМС з полікристалічного кремнію пояснюється тим, що вони використовуються в медичній сфері, яка пов'язана з людськими тканинами і клітинами білка, які можуть блокувати датчики. Такі датчики виготовлюються з кремнію, скла або пластику – знижує ефективність і довговічність біо-МЕМС і тому, в результаті, немає бажаного результату.

Розглянемо такий медичний МЕМС пристрій, як мікронасос.

Старий і застарілий метод доставки ліків в організм людини складається або в їх проковтуванні, введенні в кровотік, або в втягуванні ліків через ніс, який використовувався з ранніх століть людства [4].

Але з розвитком технологій і часом мікронасоси були розроблені для ефективної доставки ліків в організм людини.

Мікронасоси – це мікроелектронні пристрої, які використовуються для доставки ліків в організм людини точним і ефективним способом і в потрібний час. На рисунку 1 показана система доставки ліків за допомогою мікронасосів [5].

Існує два типи мікронасосів:

- механічні мікронасоси;
- немеханічні мікронасоси.

У 1-му типі ліки закачуються в організм людини за допомогою п'єзоелектричного приводу.

2-й тип не має механічного руху і, отже, повинен перетворити немеханічний рух в механічний, щоб закачати ліки в організм людини (рис. 1).



Рис. 1. Приклад системи доставки ліків за допомогою мікронасосів

Далі розглянемо особливості мікророботів, як біо-елементів МЕМС (рис. 2, а, б) [4].

Мікророботи – це новітнє застосування біо-МЕМС, яке використовується в медичній науці і має значно менші розміри, так як воно вводиться в частини людського тіла.

Мікророботи працюють таким чином, що, як тільки вони вводяться в організм людини, вони роблять медичні операції і процедури менш болючими і зменшують численні медичні ускладнення для пацієнта під час і після операцій. Це також допомагає пацієнту з часом відновлення і зменшує будь-яку післяопераційну інфекцію.

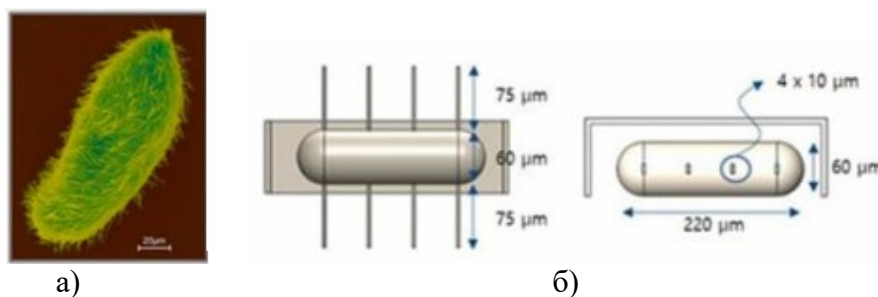


Рис. 2. Мікророботи-інфузорії: а) загальний вид; б) структура

Особливість в тому, що мікророботи дуже маленького розміру (в сантиметрах) і можуть бути змінені до потрібного розміру в залежності від місця в організмі, в яке їх необхідно ввести.

Мікророботи часто застосовуються при складних операціях, таких як видалення ракових клітин, видалення каменів з сечового міхура і т. д. [5].

Дослідники розробили мікророботів, які можуть бути введені в організм через кровотік людини, де присутня ракова клітина, і за допомогою вбудованих функцій можуть усунути її, не завдаючи шкоди організму. Ці пристрої генетично модифіковані, щоб атакувати пухлину і ракові клітини в організмі.

Мікророботи використовують унікальний метод доставки ліків в уражену пухлиною частину, щоб видалити і залишити хороші клітини в спокої, не викликаючи будь-який збиток, нанесений їм. Цей метод дозволяє пацієнтам не проходити тижні хіміотерапії, уникнути випадіння волосся, втрати смаку та інших побічних ефектів.

Побічним ефектом є те, що він може ідентифікувати тільки величезні ракові клітини, присутні в організмі, і не помічають невеликі пухлини в молочній залозі і передміхуровій залозі.

Наступний «МЕМС біо-прилад» – Phase Maker.

Phase Maker – це електронний пристрій, який імплантується в організм людини для лікування проблем з ритмом серцебиття. Серце може битися занадто швидко або в повільному темпі [6]. Цей електронний пристрій посилає електричний імпульсний сигнал в передсердя, щоб змусити серце пацієнта битися в нормальному темпі (65-110 ударів в хвилину).

Але звичайний розмір виробника фаз дуже величезний і включає в себе безліч електронних елементів для його виготовлення.

З розвитком технологій мікроелектромеханічна система змогла значно зменшити кількість електронних елементів і зробила її більш компактною, ніж старе пристрій. За старою технологією виробників фаз в ньому була одна камера з фіксованою швидкістю електричного імпульсу до серця пацієнта, щоб стабілізувати його. З іншого боку, мікроелектромеханічна система на основі фази. Виробник має дві камери з гнучкою частотою електричних імпульсів, що посилюються в серце людини для його стабілізації.

Виробники фаз на основі мікроелектромеханічних систем є більш надійними, стабільними і високоефективними по порівнянні з виробниками фаз з однією камерою. Фаза на основі мікроелектромеханічної системи більш економічна, споживає менше енергії і дає ефективні результати.

Фаза з гнучкою ставкою більш затребувана, ніж фази з фіксованою ставкою, тому що гнучкі фази швидкі і можуть відповідати серцевим потребам людського організму, враховуючи також рівень холестерину. Як й у випадку з фазометрами з фіксованою частотою, вона забезпечує фіксовану частоту електричних імпульсів для людського організму незалежно від серцевих потреб людини.

Фази гнучкого ритму дуже корисні для тих людей, у яких відсоток жиру в організмі дуже високий, а серце не б'ється з необхідною частотою навіть після важкого тренування.

Датчик прискорення (PEA) і датчик активності використовуються у виробниках фаз з гнучкою швидкістю для забезпечення електричний імпульс, заснований на вимогах конкретного людського організму.

В результаті, виділено наступні переваги біо-MEMS:

- ефективний спосіб доставки ліків;
- виконує складні завдання, не завдаючи шкоди організму людини, незалежно від розміру елемента;
- маленький розмір фаз, що робить їх більш компактними;
- може виконувати безліч функцій всередині людського організму через регулярні проміжки часу або повністю автоматично, або напівавтоматично і забезпечує зворотній зв'язок.

Важливість біо-MEMS полягає в тому, що вона може виконувати різні задачі в галузі медицини. Він повністю точний і виключно надійний. Існує безліч застосувань біо-MEMS в галузі медичної науки, і лише деякі з них були наведені в цій статті для того, щоб проаналізувати сучасні біо-MEMS.

Таким чином, масштаби розробок в області біо-MEMS величезні, і постійно проводяться нові дослідження, спрямовані на пошук нових застосувань та для модифікації існуючих технологій, що надалі надасть можливість зробити медичні процедури простими й економічно-ефективними в майбутньому.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Grüger H. MOEMS and MEMS-Technology, Benefits & Uses. // Portable Spectroscopy and Spectrometry 1: Technologies and Instrumentation. – 2021. – №1. – P. 89-113.
2. Menon K., Joy R.A., Sood N. et al. The Applications of BioMEMS in Diagnosis // Cell Biology and Therapy: A Review. BioNanoSci. – 2013. – №3. – P. 356-366.
3. Rohan E., Vura S. A Study on Medical Applications of MEMS Technology (Bio-MEMS) // Journal of Control & Instrumentation. – 2021. – Т. 12. – №. 1. – С. 1-5.
4. Микророботы-инфузории - самые быстрые и маневренные микророботы, способные действовать внутри живого организма // Nanonewsnet. – 2016.