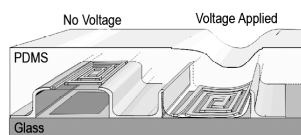


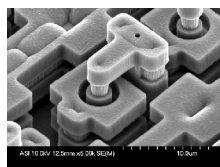
ВСТУП

Функціональні та технологічні досягнення кремнієвої технології спричинили в недавньому минулому можливість мікромініатюризації не лише пасивної частини мікроелектроніки, але й інтеграції в єдиний кристал динамічної складової функціональної схемотехніки. Це мікро-, а сьогодні вже наномашини, рухомі конструкції яких складаються з мініатюрних шестерень, пружин тощо. Працюють ці мікромеханізми на енергії статичних розрядів, де актуальні атомарні сили та мікрорельєф поверхні кристала. Такі електронні пристрої називаються мікроелектромеханічними системами MEMC¹ (аббревіатура з англ. MEMS – *Microelectromechanical Systems*), деякі із яких наведено нижче:

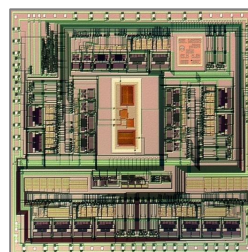
MEMC



Електростатичний актуатор



Механічний актуатор



Акселерометр

Якщо до функціональних дій MEMC належать оптичні ефекти, то такі пристрої утворюють клас мікрооптоелектромеханічних систем. Аналогічно формуються MEMC із застосуванням інших фізичних ефектів.

Можна візуально переконатись, що MEMC – це складні функціональні системи, які разом із процесорною технікою являють собою мікропристрої з рухомими елементами і формують єдину інтегровану мікросистемну техніку (МСТ), теоретичні основи якої заклали праці Фейнмана, Натансона, Петерсона, Заврацького, Лучиніна та інших.

Сьогодні МСТ – це окремий науково-технічний напрям, мета якого – створити в обмеженому просторі твердого тіла або на його поверхні багатофункціональні пристрої у вигляді впорядкованих композитних областей із заданими складом, структурою та геометрією. Їхня статична чи динамічна сукупність забезпечує генерацію, перетворення, передавання енергії і руху в інтеграції з процесами відтворення, обробки, трансляції і збереження інформації під час виконання запрограмованих операцій та дій у потрібних

¹ Вперше “MEMC” сформувався як самостійний науковий напрям у 1987 р. у місті “Солоного озера” (*Salt Lake City*), штат Юта, на конференції з твердотільної мікродинаміки.

умовах експлуатації. Подальше зменшення розмірів функціональних МЕМС-елементів спричинило створення наноелектромеханічних систем (НЕМС, аббревіатура з англ. NEMS – *Nanoelectromechanical Systems*)².

Насправді сам термін “мікроелектроніка” історично виник значно раніше, ще із появою базового елемента характерних розмірів – транзистора. Перші транзистори мали розміри порядку 10 *мкм*. За півсторіччя розміри мікроелектронних компонентів зменшились майже в 200 разів. До сьогодні прогрес у галузі освоєння електроніки нанорозмірів мав суто еволюційний характер, що ґрунтувався на ідеях масштабної мініатюризації. Тому відмінність між субмікронною і нанотехнологіями часто обмежувалась розмірами ~ 100 *нм* (0,1 *мкм*) і була умовною. Наноелектроніка – це міждисциплінарний напрям, основним завданням якого є конструювання наноструктурованих матеріалів, зокрема і композиційних, із подальшим виготовленням за їх участю та на їх основі функціональних пристроїв. Наноструктурованими матеріалами вважають матеріали, основні структурні елементи яких не перевищують 100 *нм*, принаймні в одному напрямку.

² Під НЕМС у цьому випадку розуміють мікросистему, яка містить усі елементи, які або самі мають нанорозміри, або розташовані на нановідстанях один від одного. Функціонування НЕМС ґрунтується на фізичних ефектах, що спостерігаються на відстанях, на яких актуальні атомні сили чи тунельні ефекти. Тому тунельні інтегральні перетворювачі також належать до класу НЕМС. Хронологію зародження і подальшого розвитку нанонауки доволі майстерно викладено в методичному посібнику [1.11].