

Microsisteme Electromecanice

**MICROGRAFELE DE SCANARE ELECTRONICĂ:
DESCRIRE, FUNCȚIONARE, APLICAȚII**

Georgian-Valentin Bolea

Grupa 56RC

Descriere

Micro-Electro-Mechanical Systems (MEMS) sunt dispozitive miniaturale care integrează componente mecanice și electrice la scară microscopică, având de obicei dimensiuni cuprinse între 1 și 100 micrometri. Aceste sisteme sunt fabricate folosind tehnici de microfabricare similare cu cele utilizate în fabricarea semiconducătorilor, permițând crearea de structuri complexe la scară mică.

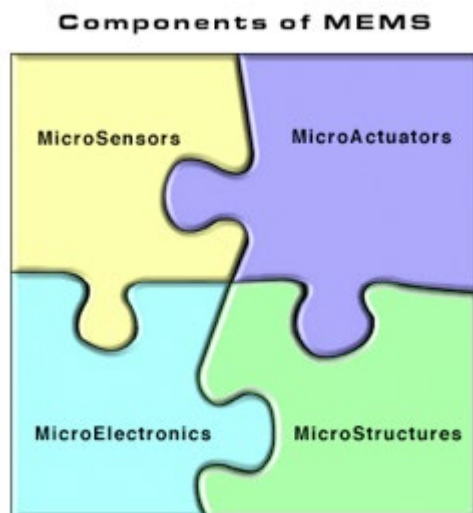


Figure 1 – Componentele MEMS

Micrografiei - practica de captare a imaginilor detaliate ale structurilor microscopice. Dispozitivele MEMS, cum ar fi micro-oglinzile, micro-lentilele și micro-actuatoarele, sunt integrate în sistemele de imagistică pentru a le îmbunătăți funcționalitatea și performanța. De exemplu, micro-oglinzile de scanare bazate pe MEMS sunt utilizate în tomografia cu coerență optică (optical coherence tomography - OCT) pentru a obține o direcționare precisă a fasciculului, permițând obținerea de imagini transversale de înaltă rezoluție ale țesuturilor biologice.

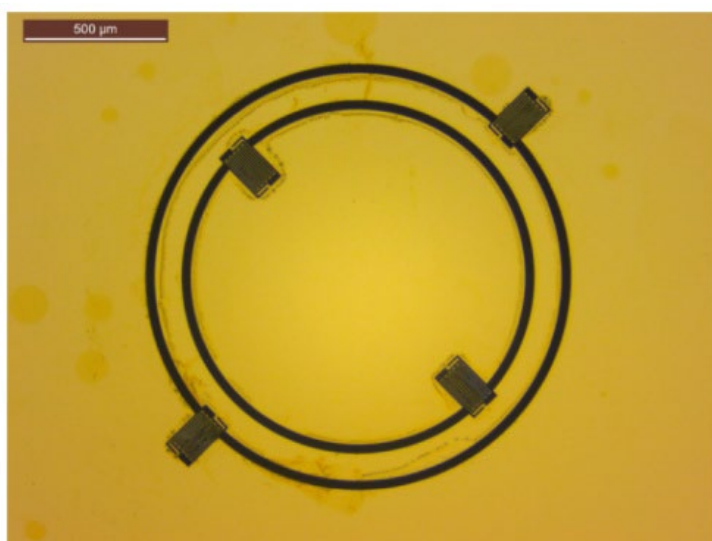


Figure 2 - Imagine de microscop a unei micro-oglinzi acoperite cu aur.

Componentele MEMS permit încorporarea acestora în diverse modalități de imagistică, inclusiv în microscopul electronic cu baleiaj (scanning electron microscope - SEM) și în microscopul confocal. În SEM-uri, microgriperele bazate pe MEMS pot manipula probele cu o precizie nanometrică. În microscopia confocală, oglinzile MEMS permit scanarea rapidă a fasciculelor laser pe un specimen, rezultând imagini tridimensionale de înaltă rezoluție

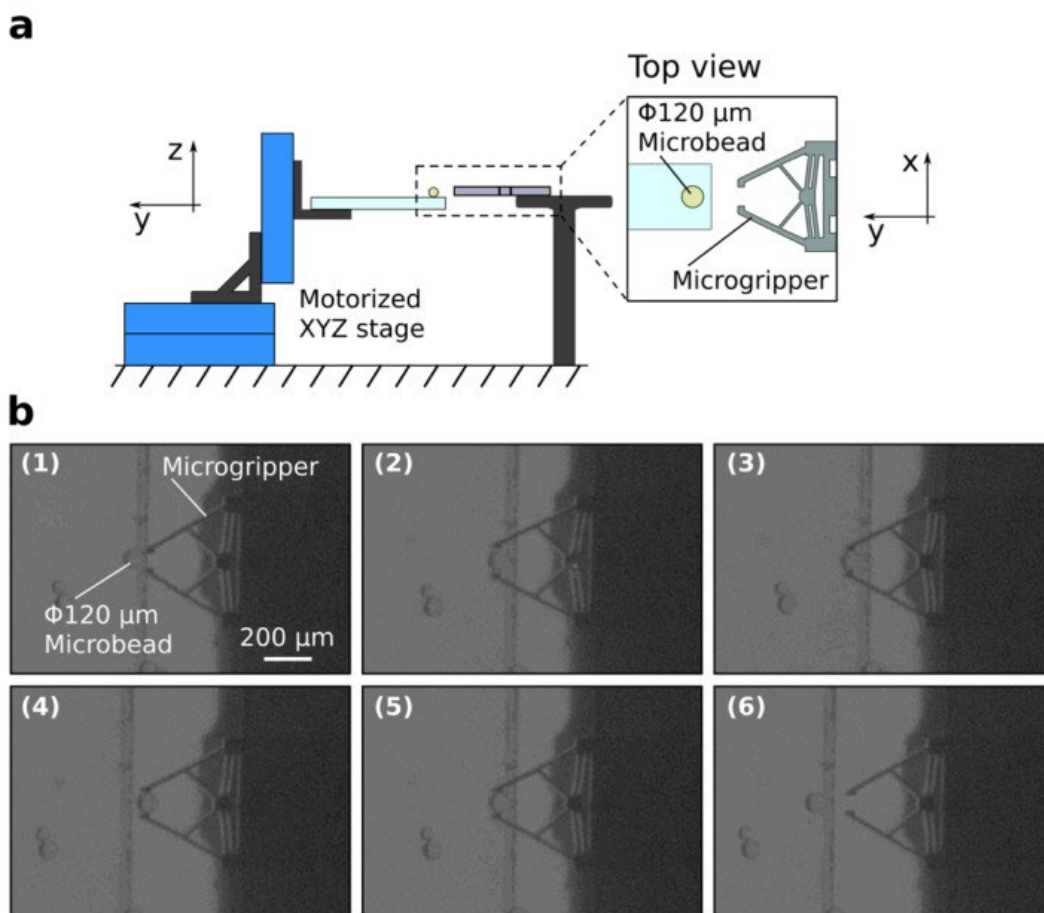


Figure 3 – Microgripper MEMS utilizat la manipularea probelor

Ce MEMS-uri se folosesc pentru micrografie?

Printre cele mai importante dispozitive MEMS utilizate în imagistică și micrografie se numără cele pentru:

1. Direcția fasciculului și scanare

Microoglinzile și scanerul MEMS sunt printre cele mai critice componente ale sistemelor moderne de imagistică. Aceste dispozitive funcționează prin înclinare sau oscilare la viteze mari, controlate de actuatori precum:

- Actuatore electrostatice: Utilizează forțe electrostatice între plăcile încărcate pentru a induce mișcarea. Acestea sunt utilizate în mod obișnuit în microoglinzile MEMS pentru funcționare ușoară și eficientă din punct de vedere energetic.
- Actuatore piezoelectrice: Folosesc materiale care se deformează atunci când sunt supuse unui câmp electric, permițând mișcări foarte precise și rapide, ideale pentru aplicațiile de scanare.
- Actuatore termice: Folosesc căldura pentru a extinde materialele, provocând mișcare. Acestea sunt mai puțin frecvente în imagistica de mare viteză, dar sunt utilizate acolo unde este necesar un control precis al poziției.

În microscopia confocală, oglinzile MEMS scanează rapid un laser pe o probă, permițând achiziția de imagini detaliate bidimensionale și tridimensionale. Aceste sisteme ating o precizie de impresionantă, cu rezoluții unghiulare la fel de mici ca fracțiuni de grad.

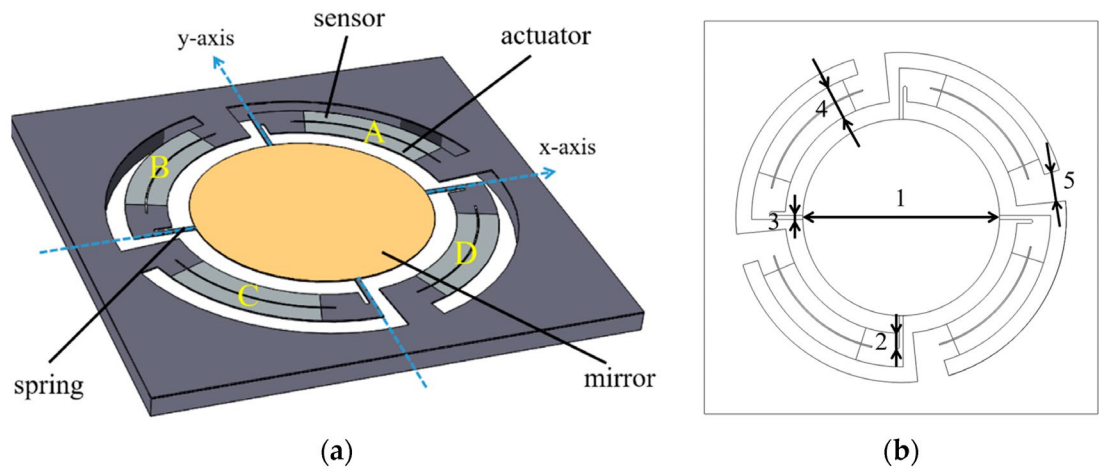


Figure 4 – exemplu de oglind MEMS cu actuator

2. Manipularea probelor

Micropoziționarea și MEMS sunt folosite pentru a manipula probe la microscopie cu precizie nanometrică. Aceste dispozitive funcționează prin:

- Acționare electromagnetice: bobine mici și magneți sunt utilizați pentru a produce mișcare.
- Mecanisme bazate pe flexibilitate: Acolo unde structurile elastice se îndoaie pentru a permite mișcarea controlată.

De exemplu, etapele bazate pe MEMS pot roti sau înclina probele sub un microscop electronic cu scanare (SEM) pentru a oferi imagini din diferite unghiuri. Această manipulare dinamică este deosebit de utilă pentru studiile în

situ (să examineze fenomenul la fața locului), cum ar fi observarea deformării materialului sub stres.

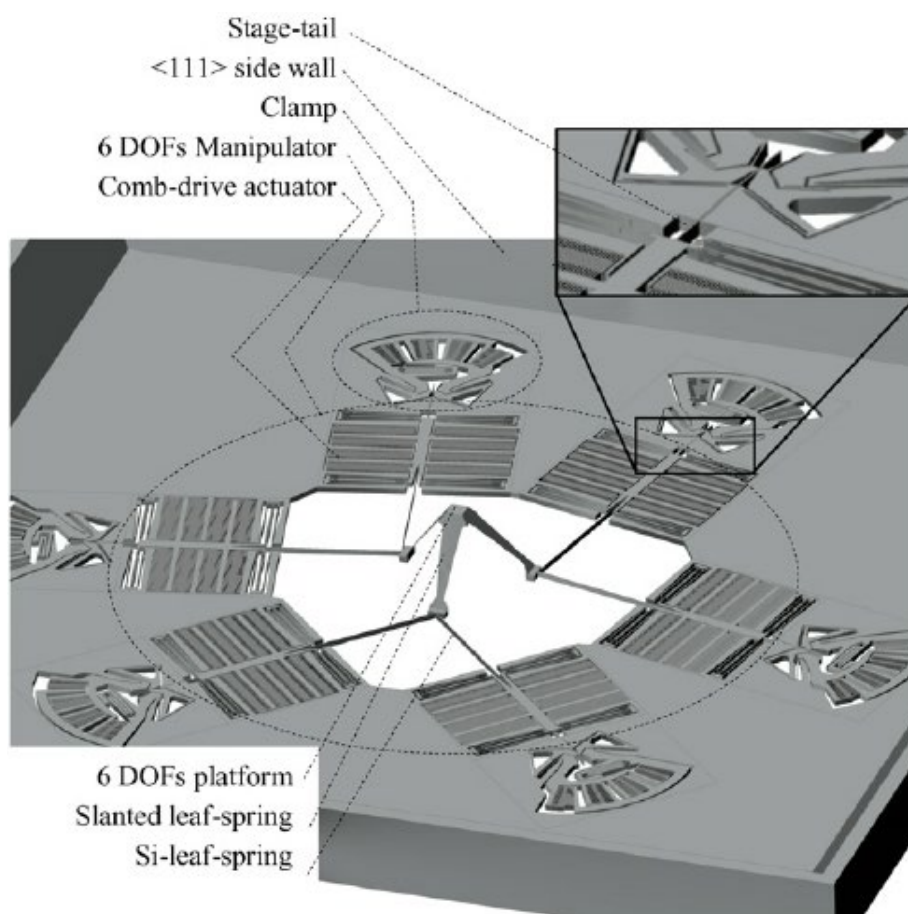


Figure 5 – secțiune transversala a unui manipulator MEMS

3. Detectarea semnalului și imagistica

Tehnologia MEMS se extinde și la faza de detectare a imaginilor. Fotodetectoarele MEMS, adesea realizate din fotodiode de siliciu microfabricate, colectează semnale luminoase sau electrice cu sensibilitate ridicată. Acești detectoare funcționează prin:

- Transformarea luminii incidente sau a electronilor în semnale electrice.
- Amplificarea acestor semnale pentru formarea imaginii.

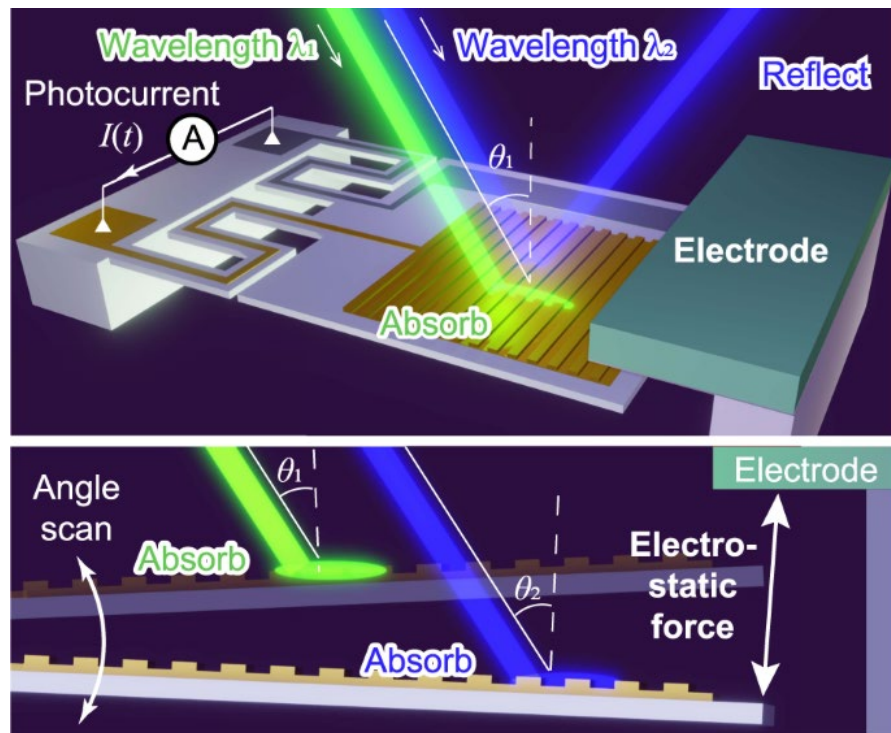


Figure 6 – Fotodetector MEMS

Unde se folosesc MEMS-urile in micrografie?

Imagistica Biomedicala

Sistemele de micrografie bazate pe MEMS au revoluționat imagistica biomedicală, oferind instrumente compacte, de înaltă rezoluție, pentru vizualizarea structurilor și țesuturilor biologice. De exemplu:

Microscopie confocală: oglinzile MEMS sunt utilizate în microscopie confocală pentru a scana fascicule laser peste mostre de țesut, permițând imagini tridimensionale de înaltă rezoluție. Această tehnologie este esențială în observarea structurilor și dinamicii celulare în timp real, ajutând la studiul bolilor precum cancerul, Alzheimer și afecțiunile cardiovasculare.

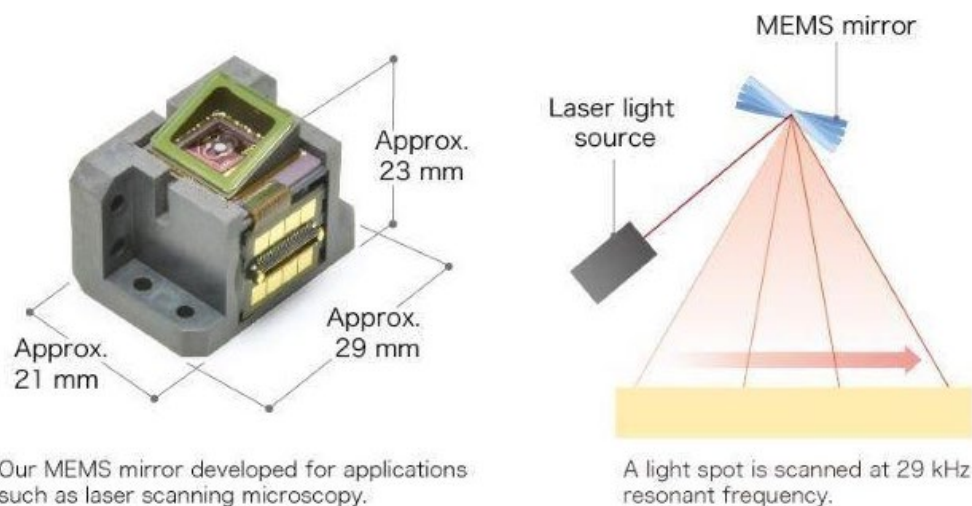


Figure 7 – Manipularea unui fascicol laser folosind MEMS pentru un microscop focal

Tomografia cu coerență optică (OCT): scanerile bazate pe MEMS din dispozitivele OCT permit imagistica neinvazivă de mare viteză a țesuturilor, deosebit de utile pentru aplicații în oftalmologie, unde ajută la monitorizarea stărilor retinei și la diagnosticarea glaucomului. OCT permite imagistica detaliată în secțiuni transversală a țesuturilor, cum ar fi corneea sau retina, oferind informații valoroase asupra progresiei bolii.

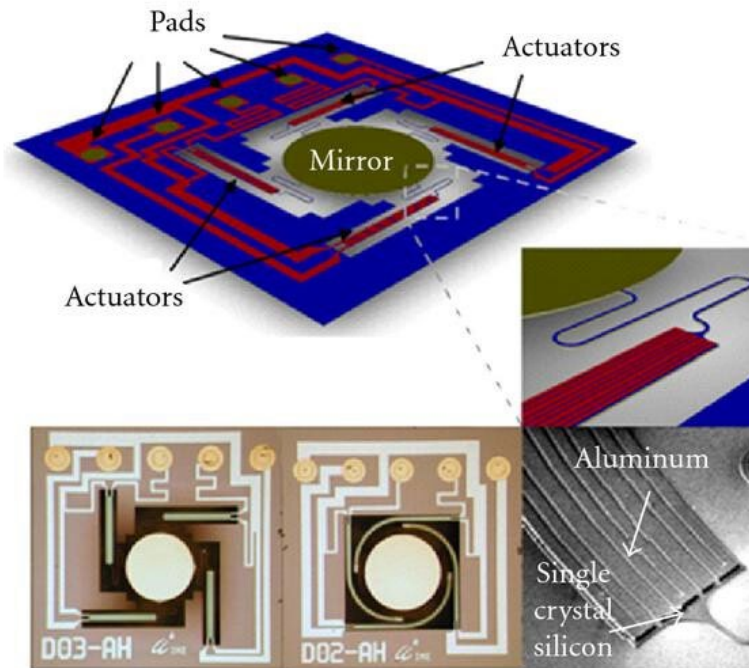


Figure 8 – oglinda MEMS folosita la tomografia OCT

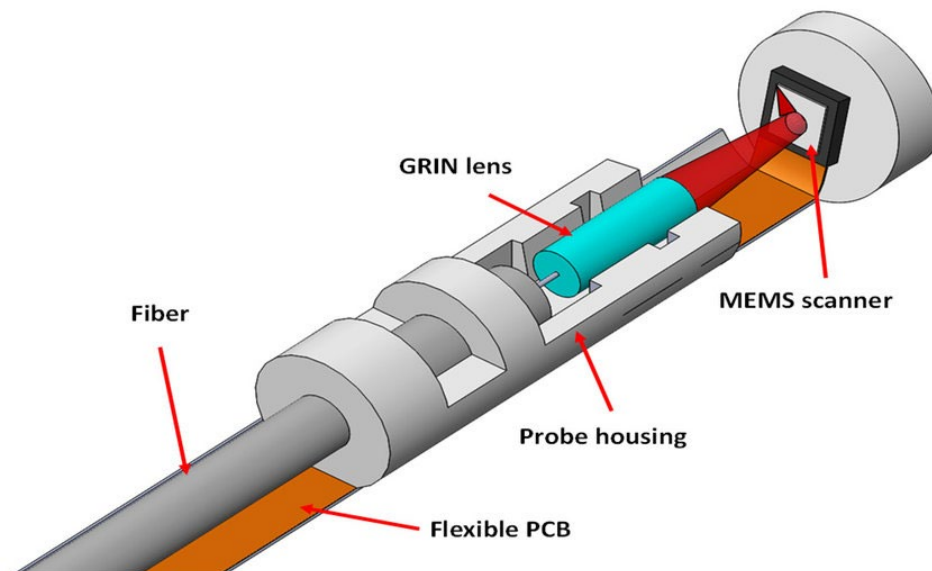


Figure 9 – Proba pentru tomograf OCT ce foloseste o oglinda MEMS

Mișcarea stage-ului în Microscopie Electronică de Scanare (SEM)

Mișcarea stage-ului în Microscopie Electronică de Scănare (SEM) se referă la poziționarea și deplasarea precisă a probei în camera microscopului pentru a obține imagini și analize de înaltă rezoluție. În mod tradițional, stage-urile SEM erau relativ mari și voluminoase, necesitând ajustări manuale. Cu toate acestea, integrarea tehnologiei MEMS a îmbunătățit semnificativ mișcarea stage-ului în SEM prin oferirea de precizie înaltă, miniaturizare și timpi de reacție mai rapizi. Principalele moduri prin care dispozitivele MEMS contribuie la mișcarea stage-ului în SEM:

1. Miniaturizarea Stage-urilor

Stage-uri SEM Tradiționale: Stage-urile SEM convenționale sunt mari și mecanice, constând din motoare, roți dințate și sisteme complexe de acționare care permit mișcarea pe mai multe direcții (axele x, y, z și uneori mișcare de rotație). Aceste stage-uri pot fi lente și voluminoase, făcându-le mai puțin eficiente în aplicațiile care necesită precizie ridicată sau mișcări rapide.

Stage-uri MEMS: Tehnologia MEMS permite crearea de stage-uri miniaturizate, mult mai mici ca dimensiune, dar care oferă o funcționalitate ridicată. Stage-urile MEMS sunt realizate, de obicei, din siliciu sau alte materiale microscopice care permit controlul ultra-precis al poziției probei la niveluri de micro- sau chiar nano-scală. Stage-urile MEMS sunt de obicei structuri micro-fabricate care folosesc actuatori electrostatici sau piezoelectrics pentru mișcare.

2. Mișcare cu Precizie Ridicată

Precizie Sub-micron: Unul dintre cele mai semnificative beneficii ale MEMS în mișcarea stage-ului este nivelul ridicat de precizie pe care îl oferă. Stage-urile bazate pe MEMS pot atinge o rezoluție sub-micron (sub- μm).

Control la Nivel Nanometric: Actuatorii MEMS oferă mișcări precise, unele sisteme fiind capabile chiar de control la nivel nanometric. Acest nivel de control al mișcării este esențial în SEM, unde poziționarea probei la punctul de focalizare corect și în orientarea corectă este necesară pentru obținerea unor imagini de înaltă rezoluție.

3. Mișcare pe Multiple Axe

Axe X, Y, Z: Stage-urile MEMS pot deplasa proba în mai multe direcții simultan (de obicei pe axele X, Y și Z). Acest lucru permite operatorului SEM să

poziționeze proba în locul corect pentru imagistică și scanare, cu o latență minimă. De asemenea, ajută la realizarea de imagini 3D.

Mișcare de Rotație: Multe stage-uri MEMS includ și capacitatea de a roti proba. Aceasta este deosebit de utilă pentru imagistica suprafețelor neregulate sau pentru observarea probei din unghiuri diferite, pentru a înțelege structura sa tridimensională. Această capacitate este importantă în aplicații precum știința materialelor, unde este necesar să inspecțezi diferite fețe sau caracteristici ale materialului.

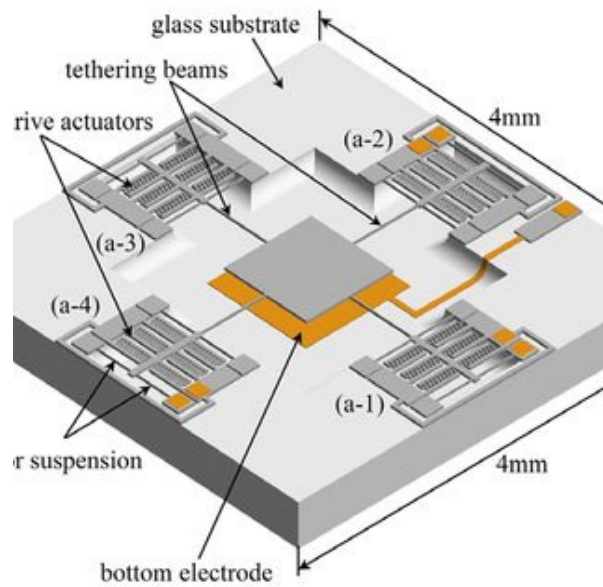


Figure 10

Dispozitive portabile de imagistică

Miniaturizarea sistemelor de imagistică permisă de tehnologia MEMS a condus la dezvoltarea de dispozitive portabile care pot fi utilizate în afara cerințelor tradiționale de laborator. Aceste dispozitive sunt din ce în ce mai populare în:

- **Diagnosticare la punctul de îngrijire:** microscopul portabil bazat pe MEMS au fost implementate în clinici, permițând diagnostice rapide, non-invazive, cum ar fi imagistica cutanată pentru afecțiuni dermatologice. Aceste dispozitive compacte aduc capabilități avansate de imagistică direct pacientului, în special în zonele îndepărtate sau izolate, unde echipamentele mai mari ar putea să nu fie accesibile.
- **Lucru pe teren și monitorizarea mediului:** microscopul alimentat cu MEMS pot fi folosite în cercetarea pe teren, oferind portabilitate și capacitatea de a examina mostre de mediu în locații îndepărtate. De exemplu, instrumentele de imagistică bazate pe MEMS pot fi utilizate pentru a analiza probe de sol, apă sau plante în studii ecologice, oferind date vizuale la fața locului.



Figure 11 – Microscop portabil

Bibliografie

1. www.nanoscience.com/techniques/scanning-electron-microscopy/
2. <https://en.wikipedia.org/wiki/MEMS>
3. <https://www.nature.com/articles/s41598-021-93454-8>
4. <https://www.mdpi.com/2072-666X/14/2/470>
5. <https://opg.optica.org/boe/fulltext.cfm?uri=boe-1-5-1278&id=207031>
6. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876619609003428?ref=cra_j_s_challenge&fr=RR-1
7. MEMS Actuators for Optical Microendoscopy by Zhen Qiu and Wibool Piyawattanametha