

# Nanofabricatie prin tehnici ,bottom-up’ bazate pe microscopie de forta atomica (AFM)

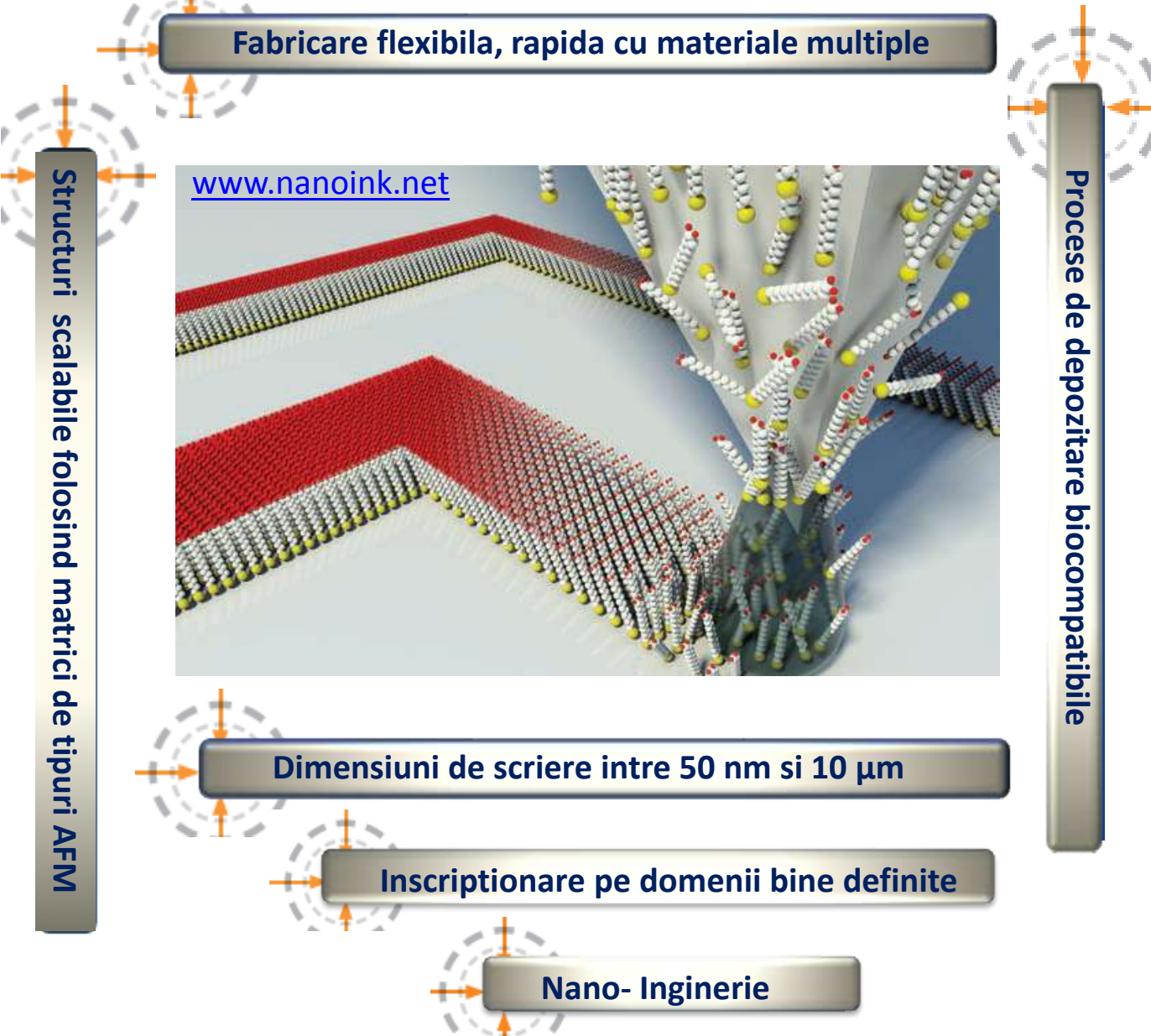
## Dip Pen Nanolithography (DPN)

### Tehnologia DPN

Tehnologia de inscripționare cu cerneluri moleculare de tip **DPN** este produsă de firma Nanoink din Statele Unite și este singurul echipament de pe piață care folosește tehnici **AFM** (Atomic Force Microscopy) în vederea inscripționării de structuri complexe la scară nanometrică și micrometrică. În procesul de scriere, varful unui ac AFM este acoperit cu "cerneluri moleculare" urmând un protocol chimic standard, și mai apoi utilizat pentru depunerea lor pe o suprafață tintă (fig.1). Prin varierea vitezei/timpului de scriere este posibilă fabricarea de structuri tip linie de diferite grosimi și / sau puncte de raze diferite, precum și linii și puncte pot fi combinate pentru a crea modele complexe. Dezvoltarea de noi formule de cerneluri moleculare, de protocoale optimizate de depunere, dar și a dispozitivelor de livrare a cernelurilor, a avansat DPN-ul de la un instrument de cercetare fundamentală la un sistem de nanofabricație capabil să ofere cele mai bune performanțe atât în ceea ce privește rezoluția de inscripționare și citire cât și în ceea ce privește poziționarea structurilor inscripționate cu eventuale structuri preexistente pe substratul de lucru. Procesul de inscripționare al DPN are avantajul unic de a oferi o metodă directă pentru scrierea cu diverse specii moleculare pe o suprafață într-un singur experiment. Mai mult decât atât, scrierea selectivă a acestor molecule în locații bine definite pe suprafața poate crea nanostructuri particulare sau chiar structuri specifice unor dispozitive mai mari. O astfel de tehnică, oferă posibilități numeroase noi și necunoscute în domeniul tehnologiilor moleculare.



Figure 1. Reprezentare schematică a procesului DPN.

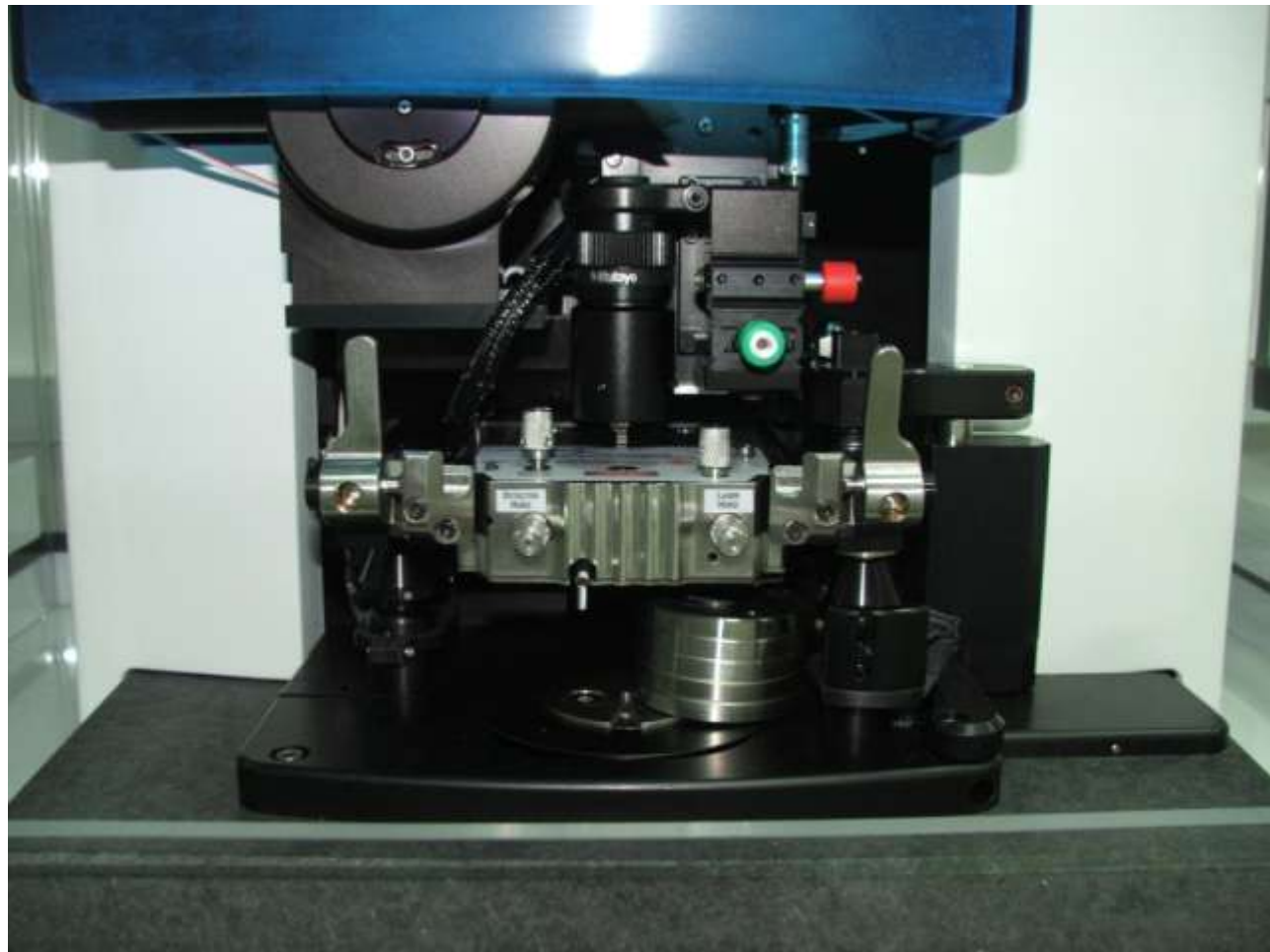


### Sistemul DPN 5000

Echipamentul DPN 5000 se evidențiază de restul echipamentelor de nano și micro-imprimare existente pe piață nu numai prin performanțe superioare în ceea ce privește facilitățile tehnice comparativ cu alte echipamente, dar și prin facilități, abilități și opțiuni tehnice care sunt exclusive echipamentului DPN 5000. Metoda de nanolitografiere prin DPN folosește în procesele de inscripționare o tehnică "bottom-up", combinând capacități de scriere versatile, la scară nano, cu imagistica AFM de înaltă performanță. O cameră de mediu a fost integrată în sistemul DPN 5000 care controlează condițiile de mediu în timpul experimentelor.

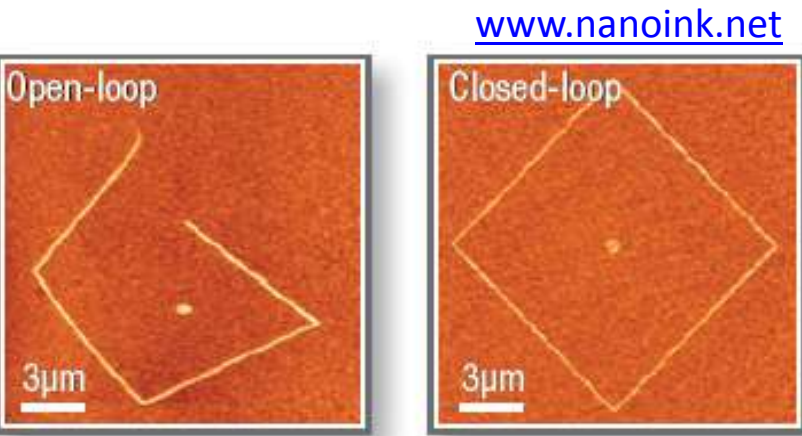


Figure 2. Echipamentul DPN 5000

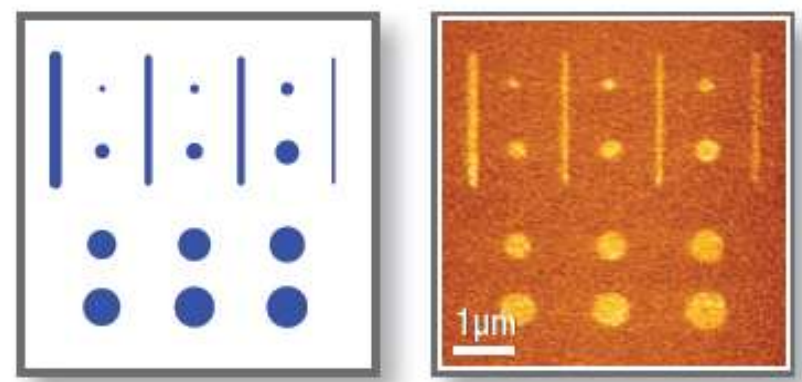


### Capabilitati de nanofabricatie

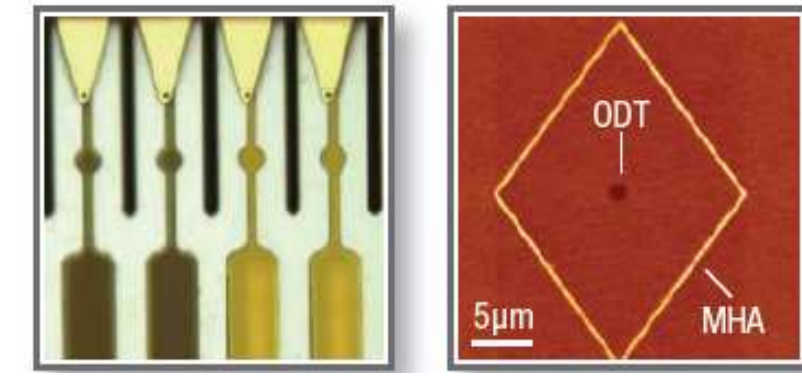
#### Precizie nanometrica



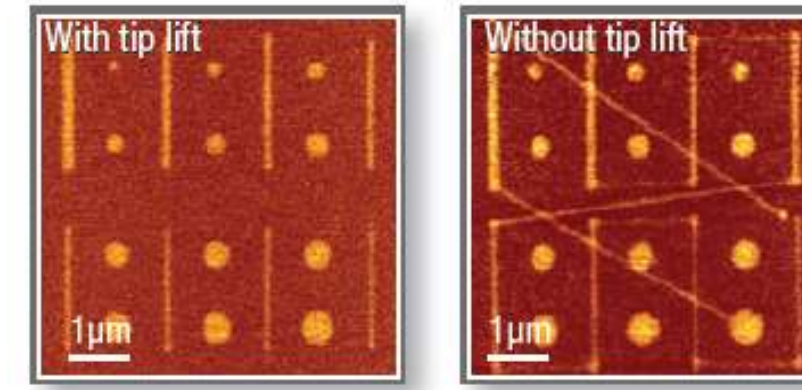
#### Controlul marimii structurii



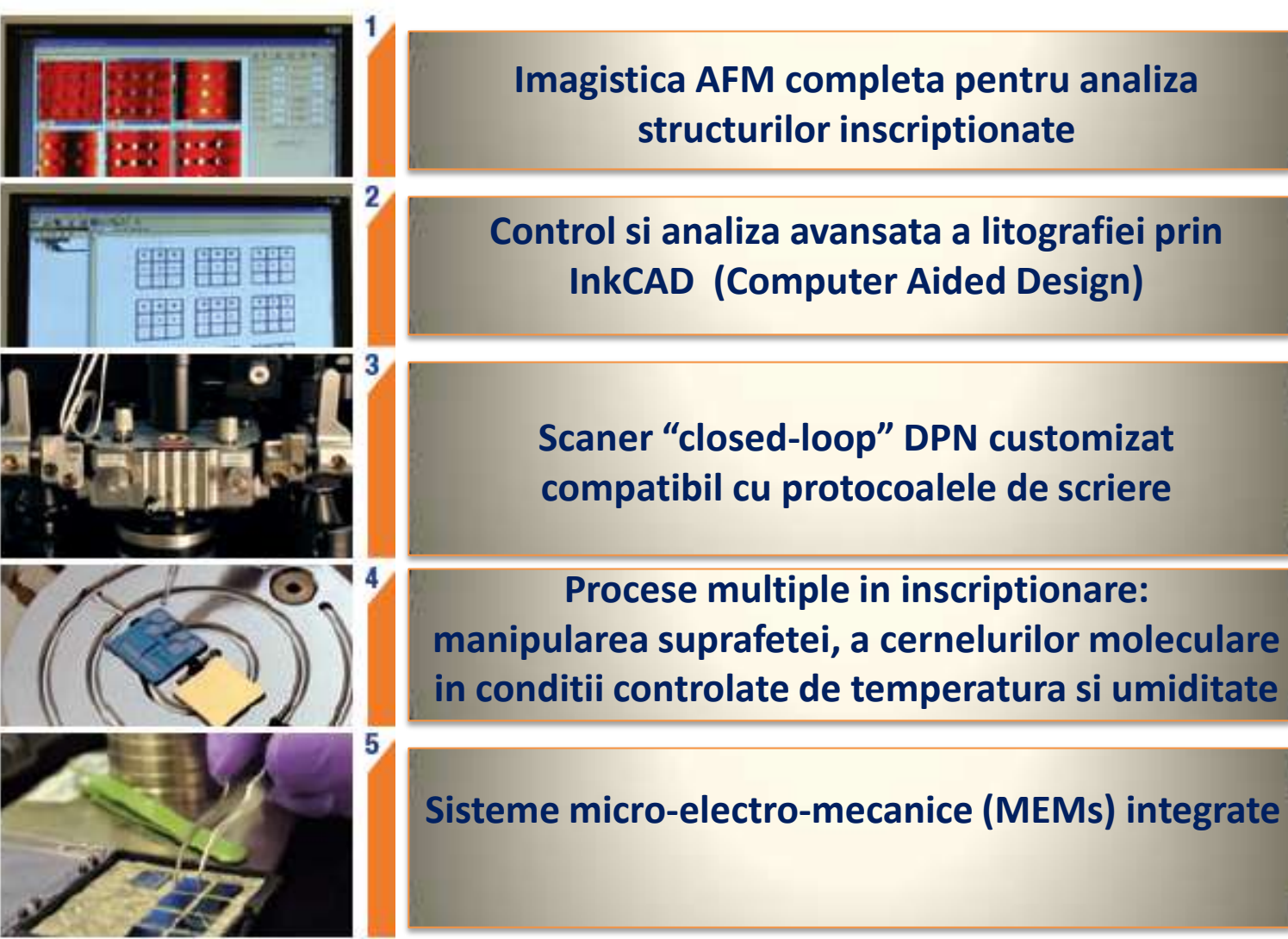
#### Alinierea straturilor multiple



#### Control total al varfului DPN



### Caracteristici de nanofabricatie



### DPN cerneluri/suprafete

Table 1: Combinatii DPN cerneluri/suprafete raportate

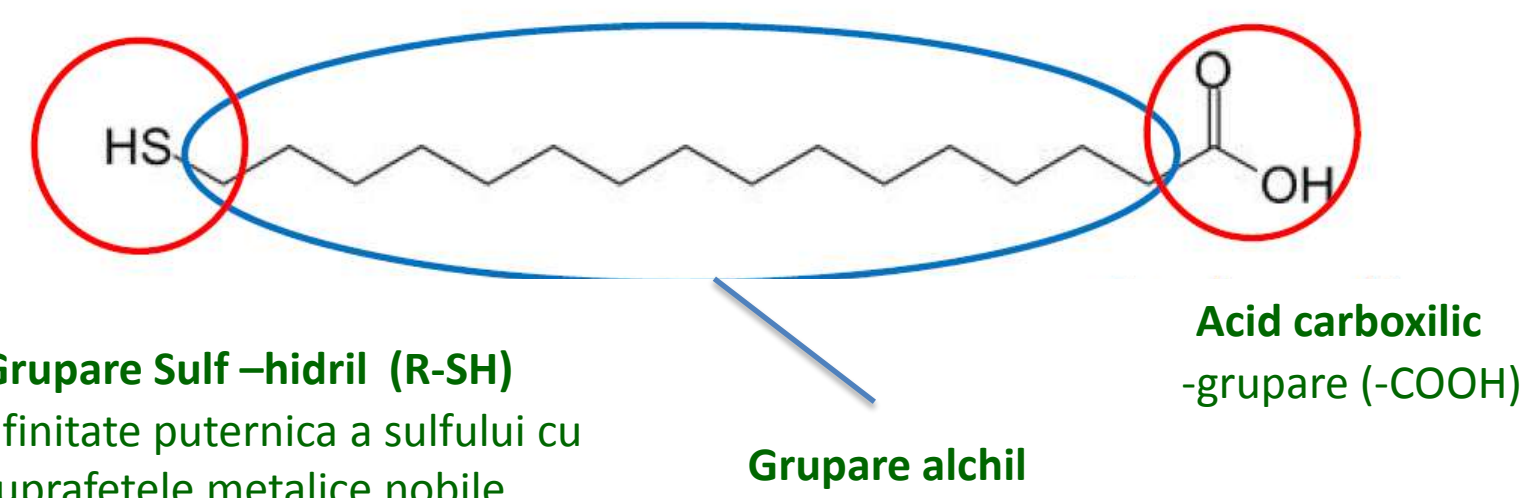
| Ink                    | Substrate            | Notes                                                          |
|------------------------|----------------------|----------------------------------------------------------------|
| Silazane               | SiO <sub>x</sub>     | pattern-uri pe oxide                                           |
| Alchitoli (ODT, MHA)   | Au                   | <50nm pe suprafete policristaline                              |
| Proteine               | Au, SiO <sub>x</sub> | scriere directa si asamblare indirecta                         |
| Ferocentilioli         | Au                   | nanostructuri redox-active                                     |
| Polimeri conjugati     | Si O <sub>x</sub>    | inscripționare polimeri verificati electrochimic/spectroscopic |
| DNA                    | Au, SiO <sub>x</sub> | sensitiv conditiilor de umiditate                              |
| Vopseluri fluorescente | SiO <sub>x</sub>     | pattern-uri luminescente                                       |
| Solutie coloidala      | SiO <sub>x</sub>     | proprietati specifice starii solide                            |
| Saruri metalice        | Si, Ge               | depozitare electrochimica                                      |
| Particule coloidale    | SiO <sub>x</sub>     | scriere solutii vascoase prin varfuri DPN                      |
| Alchine                | Si                   | formare legatura C-Si                                          |
| Alcoxilane             | Si O <sub>x</sub>    | control umiditate                                              |

Angew. Chem. Int. Ed. 2004, 43, 30-45

### Caracteristici de nanofabricatie

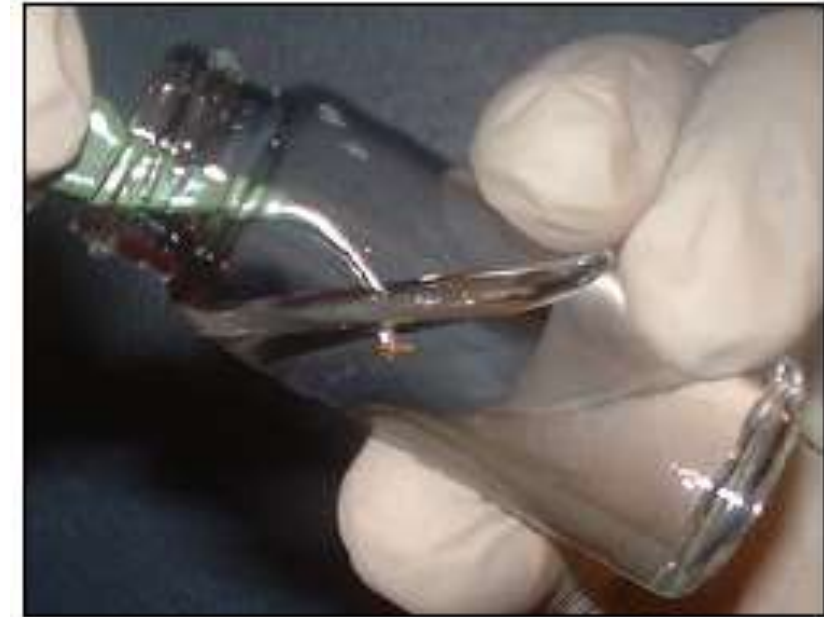
#### Material utilizat si proceduri de scriere

- 16-mercaptohexadecanoic acid (MHA)

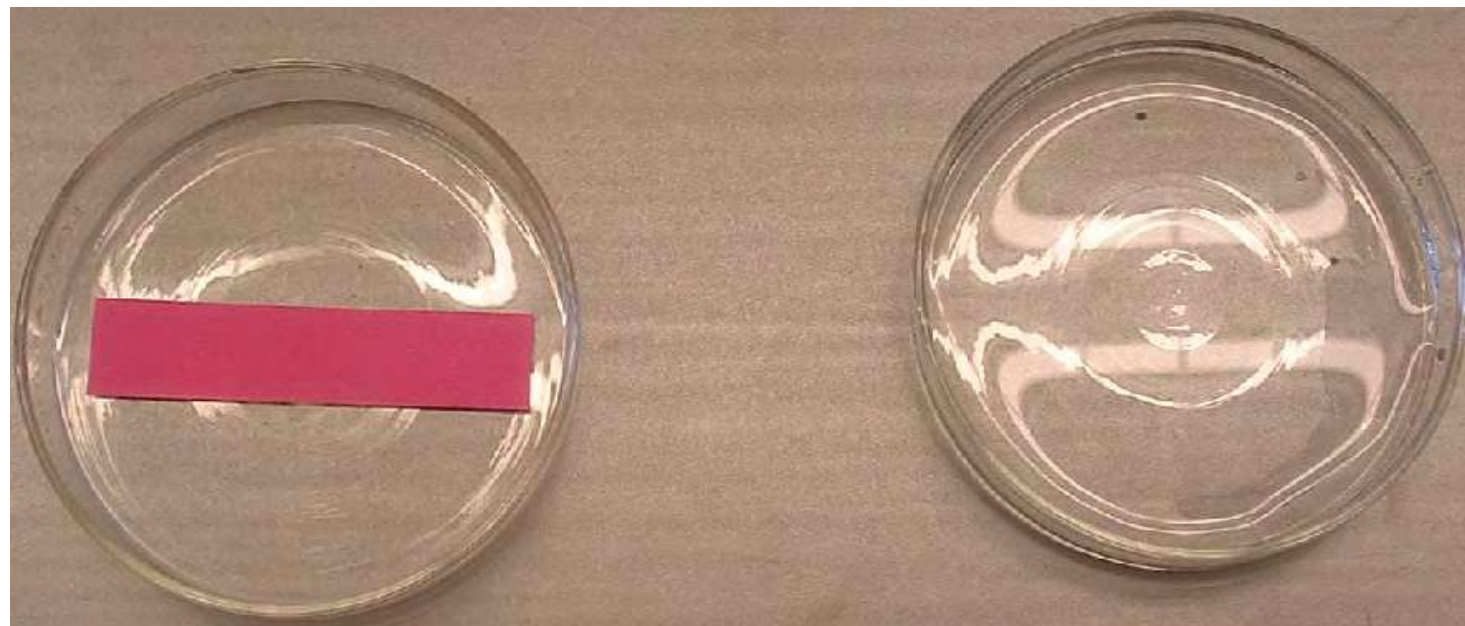


Imersia acului DPN (tip A) într-o soluție saturată a MHA în octanol pentru 5-10 sec.

Folosirea azotului (sau aer) pentru a usca varful



Se lipește o hartie pe capacul vasului Petri



Se încălzește apa de-ionizată pe o placă fierbinte (stabilită la 70 ° C) timp de aproximativ 15 secunde



Se pune capacul vasului Petri. Se lasă să stea timp de 5 minute.



#### Ac DPN nitrat de siliciu tip A

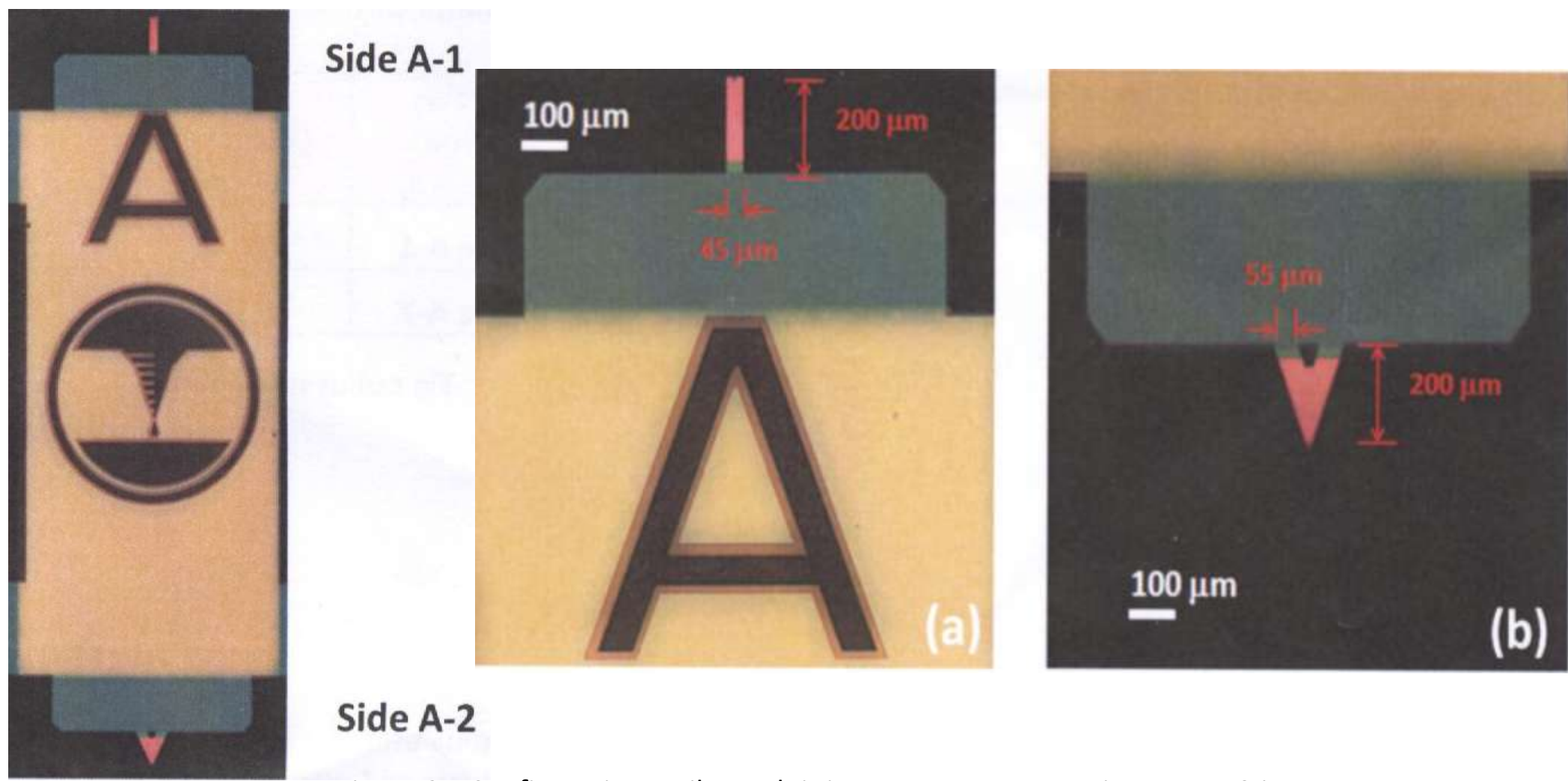
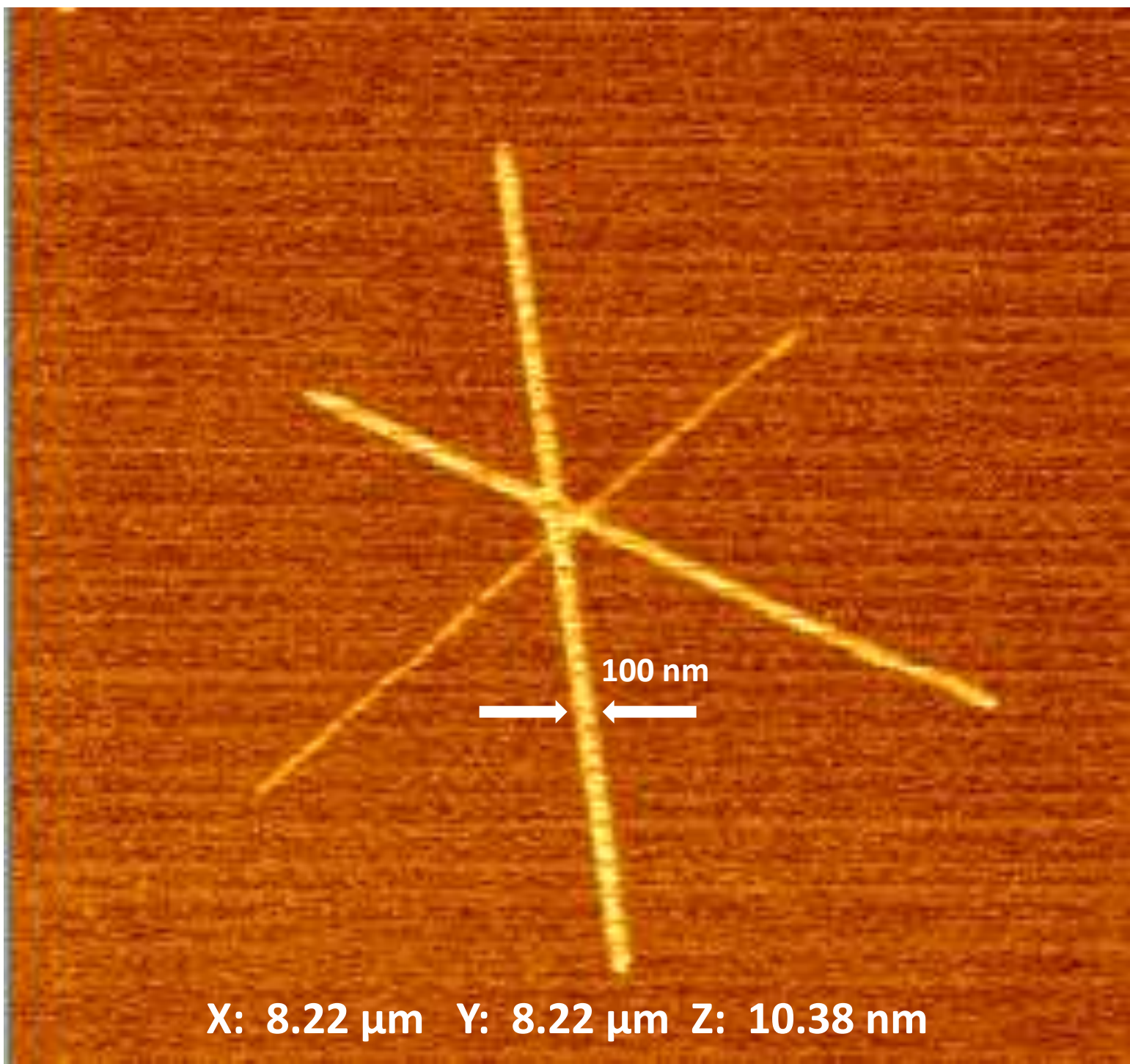
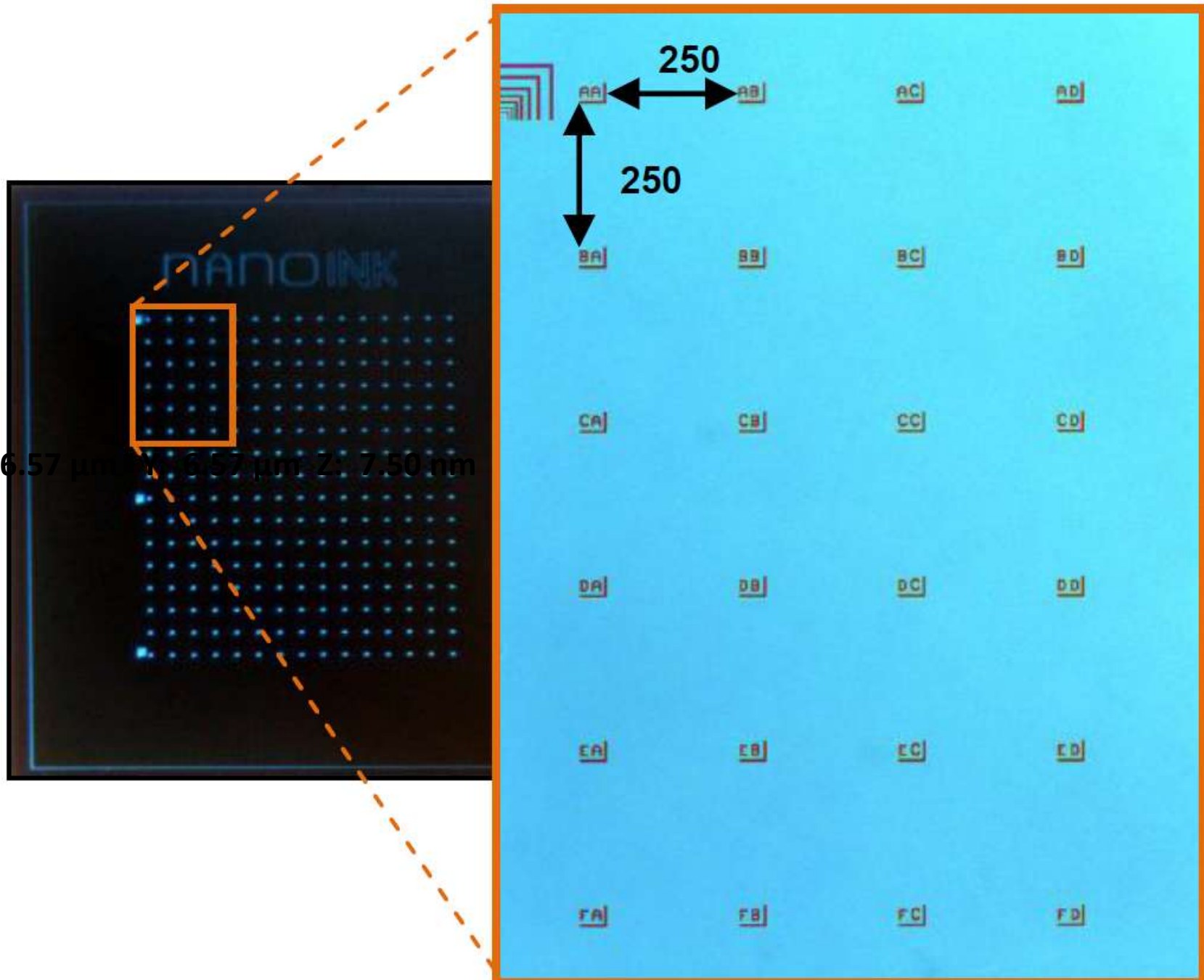


Figure 3. Configurația cantileverului tip A. Partea A-1 sus și partea A-2 jos

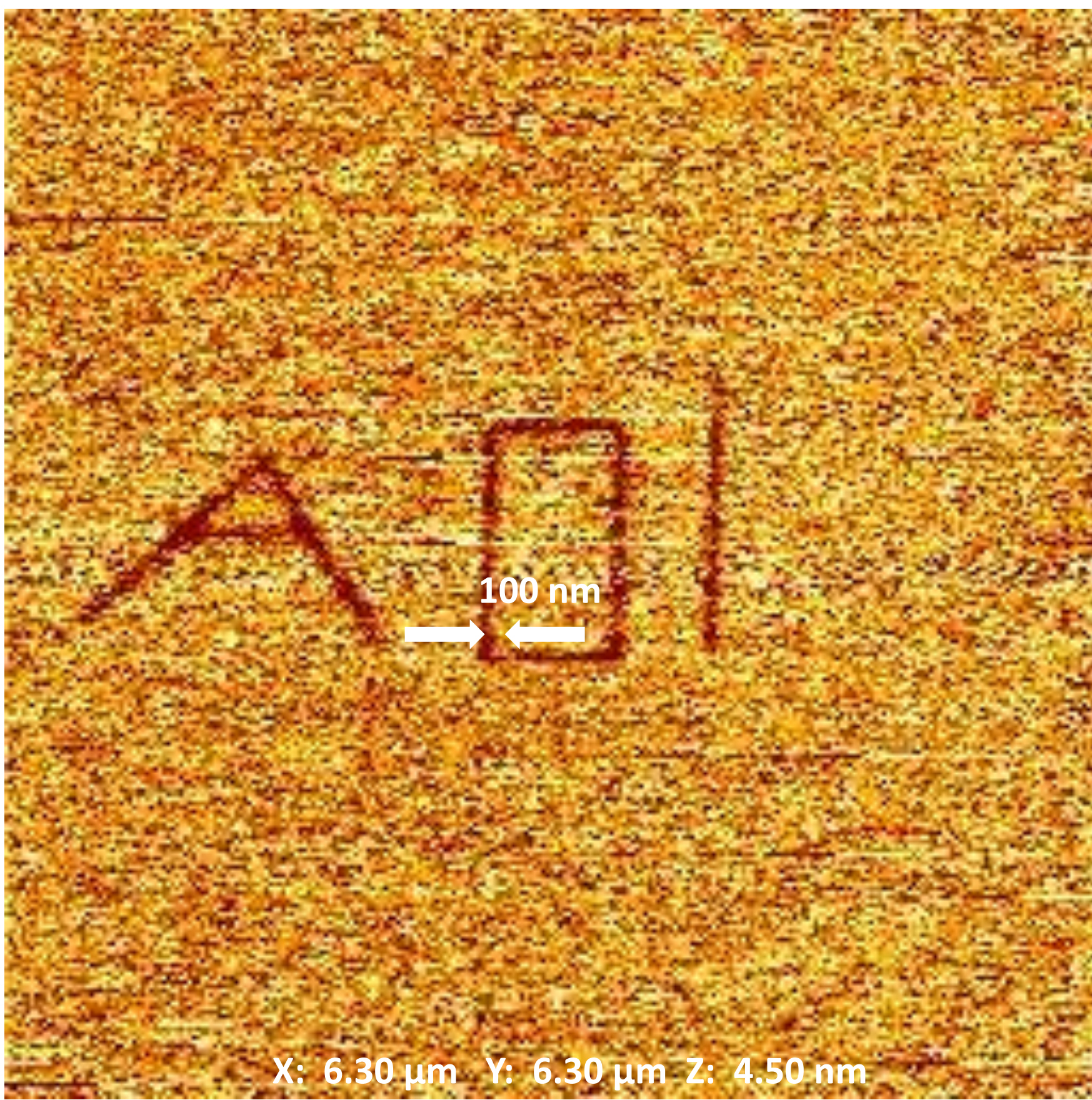
Table 2: Marimile nominale ale acelor de tip A – radius 15 nm

| Tipul acului A | Constanta k de arcuire (N/m) | Lungimea cantileverului | Grosimea cantileverului (μm) |
|----------------|------------------------------|-------------------------|------------------------------|
| Partea A-1     | 0.041                        | 200                     | 45                           |
| Partea A-2     | 0.100                        | 200                     | 55                           |

#### Substrat Au standard pre-marc



X: 8.22 μm Y: 8.22 μm Z: 10.38 nm



X: 6.30 μm Y: 6.30 μm Z: 4.50 nm