



(11) **RO 131269 B1**

(51) **Int.Cl.**

B82Y 40/00 ^(2011.01);

G01Q 10/00 ^(2010.01);

G03F 7/16 ^(2006.01)

(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2015 00046**

(22) Data de depozit: **22/01/2015**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **28/04/2023** BOPI nr. **4/2023**

(41) Data publicării cererii:
29/07/2016 BOPI nr. **7/2016**

(73) Titular:
• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU
MICROTEHNOLOGIE, STR. EROU IANCU
NICOLAE NR. 126A, BUCUREȘTI, B, RO**

(72) Inventatori:
• **MOAGĂR-POLADIAN GABRIEL,
ALEEA FUIORULUI NR.6, BL. Y3A, SC.1,
ET.6, AP.27, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B,
RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:
**US 6867443 (B2); US 5666190 A;
US 20140295064 A1**

(54) **CIP MULTI-ROL PENTRU SISTEME AVANSATE
DE NANOLITOGRAFIE 2D ȘI 3D**



RO 131269 B1

1 Prezenta invenție se referă la un cip care oferă posibilitatea de a utiliza mai multe
2 tehnici de nanolitografie cu scanarea probei - care folosesc structura de bază a unui micro-
3 scop de forță atomică - cum ar fi de exemplu nanolitografia de tip stilou (fountain pen), nano-
4 litografia de tip stilou asistat optic, dip pen, oxidare locală a substratului, oxidarea locală a
5 unui strat monomolecular etc.

6 Sunt cunoscute mai multe variante ale nanolitografiei [1-9], care folosesc structura
7 de bază a unui microscop de forță atomică, cantileverul acestui microscop având pentru
8 fiecare caz în parte o anumită structură și furnizând un singur tip de nanolitografie - fie de
9 tip stilou (fountain pen), fie de tip stilou asistat optic, fie de tip dip pen, fie de tip dip pen ter-
10 mic, fie de tip oxidare locală a substratului, fie de tip oxidarea locală a unui strat mono-
11 molecular, fie de tip topirea locală și evaporarea unui polimer, fie de alte tipuri. Prin cantilever
12 înțelegem o microgrindă, având o secțiune de regulă dreptunghiulară, fixată la un capăt de
13 un substrat-cadru solid, alcătuită dintr-unul sau mai multe materiale, la capătul liber opus
14 celui de fixare având, pe partea sa inferioară, o piramidă cu vârful orientat în jos, axa pira-
15 midei fiind perpendiculară pe planul format de lungimea și lățimea microgrinzii. Vârful pira-
16 midei este orientat spre substratul pe care urmează să se desfășoare procesul de
17 nanolitografie.

18 Aceste cantileverele, indiferent de funcția pe care o îndeplinesc, sunt atașate unui cip
19 suport și de control.

20 Toate aceste tehnici de nanolitografie au următoarele dezavantaje:

- 21 - fiecare cip nu poate asigura decât efectuarea unui singur tip de nanolitografie;
- 22 - pentru a avea disponibile mai multe astfel de tehnici de nanolitografie 2D/3D este
23 nevoie de sisteme de comandă și control separate;
- 24 - trecerea de la un tip de nanolitografie la altul în aceeași sesiune de lucru necesită
25 repetarea de fiecare dată a procesului de aliniere;
- 26 - fiecare tip de nanolitografie necesită un tip specific de cantilever.

27 Problema pe care o rezolvă invenția constă în simplificarea procedurii de aliniere între
28 efectuarea diferitelor procese de nanolitografie - aliniere care se face o singură dată pentru
29 un cip dat. De asemenea, invenția permite utilizarea tuturor tipurilor de nanolitografie care
30 au la bază microscopul de forță atomică cu ajutorul unui singur cip.

31 Soluția, conform invenției, constă în faptul că cipul de lucru are prevăzut în structura
32 sa un număr de cel puțin două cantileverele, fiecare cantilever efectuând o operațiune diferită
33 de nanolitografie cum ar fi de tip stilou (fountain pen), de tip stilou asistat optic, de tip dip
34 pen, de tip dip pen termic, de tip oxidare locală a substratului, de tip oxidarea locală a unui
35 strat monomolecular, de tip topirea locală și evaporarea unui polimer, sau de alte tipuri. De
36 asemenea, cipul mai poate conține cel puțin un cantilever de caracterizare, caracterizare
37 care are de asemenea la bază microscopia de forță atomică și care poate fi de tip micro-
38 scopie de forță atomică, microscopie de forță atomică cu scanarea proprietăților electrice,
39 microscopie de forță atomică cu scanarea proprietăților magnetice, microscopie optică de
40 câmp apropiat cu scanarea probei, spectroscopie Raman amplificată în prezența vârfului
41 cantileverului, toate aceste mijloace de caracterizare servind la determinarea proprietăților
42 structurilor realizate de către cantileverele de nanolitografie.

43 Avantajele invenției sunt:

- 44 - un singur cip oferă toate posibilitățile de nanolitografie cu scanarea probei 2D/3D;
- 45 - comanda tuturor cantileverelor se face în mod separat dar unitar;
- 46 - alinierea este necesar să se facă doar o singură dată la începutul utilizării cipului;
- 47 - permite caracterizarea *in situ*, imediat după depunere, a structurilor realizate.

RO 131269 B1

Dăm în continuare un exemplu de realizare a invenției în legătură cu fig. 1...3 care reprezintă:	1
- fig. 1, schema structurii de tip multi-cantilever a cipului;	3
- fig. 2, schema structurii cipului multi-rol atașat la cipul de control care conține controlerele rapide;	5
- fig. 3, schema de detaliu a cantileverului referitor la partea de comandă și detectare, exemplificare cu cantileverul pentru caracterizarea prin microscopie AFM.	7
Cipul 1 multirol este caracterizat prin aceea că încorporează în structura sa mai multe cantileverele 2-7 de lucru, fiecare cantilever având de efectuat un anumit tip de prelucrare la scară micro/nano. De asemenea, cipul conține părțile de comandă și control pentru fiecare cantilever în parte, precum și conexiunea acestora cu unitatea centrală de comandă.	9
De exemplu, cipul poate conține un număr de șase cantileverele, al căror rol este după cum urmează:	11
- cantileverul 2 este folosit pentru nanolitografia de tip fountain pen și fountain pen asistat optic atât 2D cât și 3D;	13
- cantileverul 3 este folosit pentru tehnologia numită nanofrazor, atât 2D cât și 3D,	15
- cantileverul 4 este folosit pentru nanolitografia de tip dip pen, respectiv dip pen termic;	17
- cantileverul 5 este folosit pentru oxidarea anodică locală a substratului;	19
- cantileverul 6 este folosit pentru tehnologia numită nanografting;	21
- cantileverul 7 este folosit pentru nanolitografia de tip oxidare resist prin controlul câmpului și curentului electric în regim de bucla închisă - în engleză se numește Closed-Loop-Electric-Field-Current-Controlled SPL.	23
De asemenea, cipul 1 mai poate conține un număr de cantileverele de caracterizare post-proces, dintre care menționăm:	25
- cantileverul 8 pentru imagistica de tip microscop cu forță atomică AFM;	27
- cantileverul 9 pentru imagistica de tip AFM electric;	29
- cantileverul 10 pentru imagistica de tip AFM magnetic;	29
- cantileverul 11 pentru imagistica de tip microscopie optică în câmp de proximitate SNOM;	29
- cantileverul 12 pentru nanospectroscopie Raman amplificată de vârf.	31
Ordinea cantileverelor prezentată mai sus este doar un exemplu, ordinea dintre ele poate fi schimbată după caz. Toate aceste cantileverele sunt prinse de cipul 1 și conectate la partea electrică și fluidică a acestuia.	33
Cipul 1 este conectat la unitatea de lucru prin intermediul unor conexiuni electrice și fluidice în sine cunoscute, sistemele de prindere fiind cele întâlnite în domeniul microscopiei AFM și a derivatelor acesteia. Unitatea de lucru conține un număr de controlere rapide care asigură răspunsul rapid al cantileverelor - de exemplu poziționarea verticală a acestora, debitul și temperatura fluidului pentru nanolitografia de tip fountain pen și fountain pen asistat optic, curentul electric prin vârful unora dintre cantileverele - și, respectiv, un controler general care coordonează controlerele rapide și care asigură interfața cu calculatorul care controlează întreg ansamblul de lucru.	35
Mișcarea pe orizontală a cantileverelor este asigurată de către cipul 1 prin intermediul platformei la care este conectat. Mișcarea pe verticală a cantileverelor este asigurată atât prin intermediul sistemelor piezoelectrice și/sau mecanice care asigură mișcarea pe verticală a cipului 1 și a platformei pe care acesta este fixat cât și prin modul de actuare a cantileverelor 2-12 . Astfel, cantileverele 2-12 au o structură de tip bimorf. Prin încălzirea acestei	37
	39
	41
	43
	45
	47

RO 131269 B1

1 structuri prin efect Joule - la trecerea curentului electric printr-un rezistor care încălzește
elementul bimorf - sau prin efect termoelectric, cantileverul se deformează și se îndoaie în
3 plan vertical. Menționăm faptul că numai cantiverele care lucrează sunt curbate cu vârful în
jos, adică spre substrat și sunt comandate. Celelalte cantileverele sunt curbate cu vârful în sus
5 și nu sunt comandate de către sistem. De asemenea, o combinație între sistemul de mișcare
pe verticală al cipului **1** și cel specific fiecărui cantilever poate fi folosit pentru a obține
7 mișcarea pe verticală a cantileverului. Mai mult, pentru cipul multirol numai cantileverele de
tip bimorf pot fi utilizate cu bune rezultate. Fiecare cantilever **2-12** are un rezistor de încălzire
9 a elementului bimorf propriu amplasat pe sine.

11 Citirea poziției/deflexiei verticale a cantileverelor poate fi citită prin mijloacele
cunoscute din domeniul AFM și anume optic, capacitiv, inductiv, piezoresistiv, condiția fiind
ca modul de citire ales să nu influențeze procesul de lucru. Fiecare cantilever are sistemul
13 propriu de citire a deplasării verticale.

15 Menținerea poziției verticale a cantileverelor este asigurată prin metoda cunoscută
a buclei de reacție de tip PID - adică de tip Proportional-Integral-Derivativ. În acest caz, avem
două variante de cip multirol. În prima variantă, avem un singur controler PID pentru toate
17 cantileverele. Acestea lucrează pe rând și, prin intermediul unui comutator selector, este
conectat la bucla PID numai acel cantilever care lucrează. În a doua variantă, avem câte un
19 controler PID al poziției verticale pentru fiecare cantilever în parte.

21 Bucla/buclele de reacție PID pot fi situate pe cipul **1** sau pot fi montate în cadrul
sistemului de controlere rapide care intră în alcătuirea sistemului de lucru, fiind
conectat/conectate la cipul **1** prin intermediul conexiunilor electrice în sine cunoscute.

23 Cipul **1** conține următoarele elemente, pentru fiecare cantilever în parte:

25 - conexiunile de alimentare a rezistorului de încălzire a elementului bimorf pentru
fiecare dintre cantileverele, respectiv a electronicii de pe cipul **1** pentru citirea fiecăruia dintre
cantileverele **2-12**, un piezorezistor sau un alt element de citire a deflexiei fiecărui cantilever,
27 o punte Wheatstone la care este conectat piezorezistorul, un preamplificator de zgomot
redus care preia semnalul de la puntea Wheatstone un convertor analog-digital care preia
29 semnalul de la preamplificator și îl transferă la controlerul PID pentru controlul poziției
verticale a cantileverului.

31 De asemenea, dacă se folosește varianta cu o singură buclă de reacție PID pentru
citirea deflexiei verticale a tuturor cantileverelor, atunci pe cipul **1** se mai află un comutator
33 selector care are rolul de a culege semnalul punții Wheatstone, respectiv să comande
curentul de încălzire numai pentru acel cantilever care trebuie să efectueze operațiunea de
35 lucru la acel moment de timp.

37 Ca exemplu de structură internă specifică tuturor cantileverelor **2-12** menționăm
faptul că acestea au un vârf **8c** specific fiecărui tip de cantilever în parte, bimorf fiind
încălzit prin efect Joule cu ajutorul elementului **8b** de încălzire. Deflexia este citită cu ajutorul
39 sensorului **8a** piezoresistiv.

41 Exceptând aceste elemente, cipul **1** mai conține un număr de elemente specifice
fiecărui tip de cantilever/operațiune de nanolitografie în parte.

Astfel, avem:

43 a) pentru cantileverul care efectuează nanolitografia de tip fountain pen și fountain
pen asistat optic:

45 - senzori de temperatură, de debit, de presiune și de nivel ai fluidelor de lucru;
- electronica aferentă citirii acestor senzori și transformării semnalelor respective în
47 semnale digitale;

RO 131269 B1

- micropompe;	1
- electronica de comandă a micropompelor;	
- mixere fluidice active și/sau pasive;	3
- microrezervoare cu senzori de nivel;	
- canalele microfluidice;	5
- conexiunile electrice aferente acestor elemente de circuit;	
- conexiunile de alimentare pentru a realiza depuneri electrochimice la nanoscară.	7
b) pentru cantileverul care efectuează nanolitografia de tip nanofrazor:	
- conexiunile de alimentare a sursei termice a cantileverului;	9
- conexiunile aferente de citire a senzorului de temperatură al cantileverului.	
c) pentru cantileverul care efectuează nanolitografia de tip dip pen termic:	11
- conexiunile de alimentare a sursei termice a cantileverului;	
- conexiunile aferente de citire a senzorului de temperatură al cantileverului.	13
d) pentru cantileverele care efectuează oxidarea anodică locală, respectiv oxidarea resistului prin controlul câmpului și curentului electric în regim de buclă închisă:	15
- conexiunile electrice de alimentare cu curentul electric de descărcare.	
Similar, pentru cantileverele de caracterizare avem suplimentar pe cipul 1 , pentru fiecare dintre cantileverele de caracterizare, elemente și circuite electronice specifice funcționării acestora, elemente și circuite electronice în sine cunoscute.	17
Atât cantileverele de lucru care au vârful neperforat cât și cantileverele de caracterizare pot avea, după caz, vârful funcționalizat din punct de vedere chimic.	19
În cazul nanolitografiei de tip fountain pen și, respectiv, fountain pen asistat optic putem avea mai multe cantileverele pentru acest tip de nanolitografie, fiecare dintre aceste cantileverele având un alt diametru al aperturii de ieșire din vârful. Acest lucru este util atunci când se dorește economisirea de timp pe durata procesului nanolitografie.	21
De asemenea, într-o altă variantă, cipul 1 poate fi atașat unui cip 13 , cip 13 care conține toate controlerile rapide necesare comenzii și controlului cantileverelor 2-12 precum și interfața de comunicare cu controlerul general și/sau cu unitatea de calcul care comandă întregul sistem. Atașarea se face prin intermediul elementelor 14 de fixare în sine cunoscute, această atașare permițând trecerea contactelor electrice și ale elementelor microfluidice între cipul 12 și cipul 13 .	23
Dăm în continuare un exemplu de realizare a invenției. Astfel, cipul 1 este realizat din siliciu și are un număr de 6 cantileverele de lucru, astfel: un cantilever pentru nanolitografia de tip fountain pen și fountain pen asistat optic atât 2D cât și 3D, unul pentru tehnologia numită nanofrazor, atât 2D cât și 3D, unul pentru nanolitografia de tip dip pen, respectiv dip pen termic, unul pentru oxidarea anodică locală a substratului, unul pentru tehnologia numită nanografting și unul pentru nanolitografia de tip oxidare resist prin controlul câmpului și curentului electric în regim de buclă închisă. De asemenea, cipul 1 mai conține 5 cantileverele pentru caracterizare astfel: un cantilever pentru imagistica de tip microscop cu forță atomică AFM, unul pentru imagistica de tip AFM electric, unul pentru imagistica de tip AFM magnetic, unul pentru imagistica de tip microscopie optică în câmp de proximitate SNOM și unul pentru nanospectroscopie Raman amplificată de vârful. Cipul 1 conține toate elementele funcționale menționate anterior atât referitor la partea electronică cât și la partea de fluidică.	25
Până acum, utilizarea mai multor procese nanolitografice diferite bazate pe un cantilever care îndeplinește un anumit rol (de exemplu scriere cu cerneală ca o peniță - dip pen nanolithography, oxidare anodică locală, etc.) necesită sisteme (echipamente) diferite.	27
	29
	31
	33
	35
	37
	39
	41
	43
	45

RO 131269 B1

1 După fiecare astfel de proces, se scoate proba de la echipamentul care a terminat activitatea
specifică și se montează la următorul echipament unde trebuie efectuat un alt proces
3 tehnologic pe nanostructura deja realizată, moment în care începe problema alinierii. Mai
întâi se face o aliniere grosieră, urmată apoi de cea fină. Alinierea se referă atât la translație
5 cât și la rotație. Tot acest proces de aliniere este consumator de timp și face ca acest tip de
nanolitografie pe bază de cantilever. Precizia de aliniere necesară efectuării unor procese
7 consecutive de nanolitografie SPL este de 2 nanometri.

8 Astfel aducem toate aceste echipamente, de o manieră miniaturizată, într-un singur
9 cip care va fi atașat unui singur echipament. Astfel, partea mecanică de prindere cip, de
translație XYZ și de rotație cip este una singură, la fel și partea electronică (mai puțin cea
11 care reglează parametrii procesului tehnologic specific fiecărui cantilever). Simplificarea
alinierii reprezintă și un avantaj, dar este aducerea laolaltă a cantileverelor executând
13 tehnologii diferite ceea ce face posibil acest lucru. După cum reiese din figura 1, toate
cantileverele sunt așezate în linie, această caracteristică fiind cea care simplifică alinierea.
15 Cantileverele fiind pe același cip, singura dezaliniere este dată de distanța dintre vârfurile
acestor cantileverele. Alinierea la rotație nu mai este necesară, cantileverele fiind dispuse în
17 linie, așa cum se observă și din figura 1. Este cunoscut faptul că distanța respectivă dintre
vârfuri poate fi determinată în două moduri:

19 - inițial; acest lucru se face la fabricarea cipului folosind un microscop cu baleierea
fascicolului de electroni și memorarea fiecărei poziții a vârfurilor de cantileverele în memoria
21 sistemului;

23 - la prima utilizare a cipului; în acest scop, se efectuează unele procese tehnologice
standard (de exemplu trasarea unor linii prin diferite astfel de procese, utilizându-se toate
aceste cantileverele) și determinarea distanței dintre aceste linii cu ajutorul unor sisteme de
25 tip microscop (optic sau electronic) sau utilizând cantileverul pentru microscopie AFM aflat
pe cip; și în acest caz distanțele măsurate sunt introduse în memoria sistemului. După
27 memorare, sistemul corectează automat distanța respectivă dintre vârfuri atunci când ter-
mină un proces tehnologic și îl începe pe următorul, adică atunci când un cantilever termină
29 sarcina de lucru și se trece la alt cantilever pentru următorul proces tehnologic - ne referim
la realizarea unor nanostructuri care necesită utilizarea mai multor asemenea procese
31 tehnologice.

În cele mai multe cazuri, cantileverele lucrează secvențial, nu în paralel. De exemplu,
33 mai întâi se face depunerea unui traseu dintr-un material anume (fie prin dip pen, fie prin
fountain pen nanolithography), după care anumite porțiuni ale materialului depus trebuie
35 oxidate anodic sau trebuie metalizate local pe cale electrochimică. Cantileverul care efec-
tuează al doilea proces trebuie să știe exact unde să se poziționeze pentru a face procesul
37 său de o manieră corectă. Altfel, în absența informației de aliniere, oxidarea anodică (de
exemplu) se face în cu totul altă parte decât acolo unde este nevoie de ea iar nanostructura
39 care se dorește a fi realizată este compromisă. Putem avea mai multe cantileverele pentru
același proces tehnologic. De exemplu, în cazul nanolitografiei fountain pen putem avea
41 cantileverele care să aibă diferite diametre ale aperturii de ieșire a fluidului depus: un
cantilever cu o apertură mică (de exemplu 100 nm) pentru detalii fine, un cantilever cu
43 apertură medie (de exemplu 5 microni) pentru depuneri de lățimi medii și un cantilever cu
apertură mare (de exemplu 100 microni) pentru depuneri/acoperiri pe suprafețe mari. Astfel,
45 pe lângă ușurința și rapiditatea alinierii, viteza de execuție a proceselor tehnologice crește
în acest fel prin partajarea/interdependența acestor activități între cantileverele specifice.

RO 131269 B1

De asemenea, ordinea în care sunt activate diferitele cantilever este stabilită de unitatea centrală a sistemului care comandă cipul în funcție de nanostructurile care urmează a fi realizate, ceea ce subliniază încă o dată interdependența existentă în cadrul acestui cip și care este specifică doar invenției noastre nu și tehnologiilor/sistemelor existente. Totodată, se pot efectua procese de caracterizare (de exemplu, prin AFM) între două procese tehnologice consecutive, astfel încât să se stabilească dacă procesul de fabricare a nanostructurii decurge corespunzător sau trebuie întrerupt.

Bibliografie

1. G. Moagăr-Poladian - "*Procedure of 2D and 3D optically assisted fountain pen and aperture pen nanolithography*", WO/2012/173506, EP 2721447 A2 11
2. Marcus Kaestner, Manuel Hofer, Ivo W. Rangelow - "*Nanolithography by scanning probes on calixarene molecular glass resist using mix-and-match lithography*", J. Micro/Nanolith. MEMS MOEMS 12(3), p. 031111, (2013). 13
3. I. W. Rangelow et al. - "*Apparatus and method for investigating surface properties of different materials*", US2011047662 (A1). 17
4. I. W. Rangelow et al. - "*Device and method for mask-less AFM microlithography*", US2005225011(A1). 19
5. Garcia, R., Losilla, N. S., Martinez, J., Martinez, R. V., Palomares, F. J., Huttel, Y., Calvaresi, M., Zerbetto, F. - "*Nanopatterning of carbonaceous structures by field-induced carbon dioxide splitting with a force microscope*", Appl. Phys. Lett. 96, p. 143110, (2010). 21
6. Coulembier, O., Knoll, A., Pires, D., Gotsmann, B., Duerig, U., Frommer, J., Miller, R. D., Dubois, P., Hedrick, J. L. - "*Probe-Based Nanolithography: Self-Amplified Depolymerization Media for Dry Lithography*", Macromolecules 43, p. 572-574, (2010). 25
7. Kaestner, M., Rangelow, I. W. - "*Scanning proximal probe lithography for sub-10 nm resolution on calix[4]resorcinarene*", J. Vac. Sci. Technol. B 29, p. 06FD02, (2011). 27
8. Dagata, J. A., Inoue, T., Itoh, J., Yokoyama, H. - "*Understanding scanned probe oxidation of silicon*", Appl. Phys. Lett. 73, p. 271-273, (1998). 29
9. P. Eaton, P. West- *Atomic Force Microscopy*, Oxford University Press, (2010).

Revendicări

1

3 1. Cip multi-rol pentru sisteme avansate de nanolitografie 2D și 3D, **caracterizat prin**
5 **aceea că**, încorporează în structura sa cel puțin două cantileverele (2-7), fiecare cantilever
7 având de efectuat un anumit tip de prelucrare la scară micro-nano, cantileverele (2-7) cu
9 ajutorul cărora se pot efectua operațiuni de nanolitografie cum ar fi nanolitografia de tip
11 fountain pen și fountain pen asistat optic atât 2D cât și 3D, tehnologia numită nanofrazor atât
13 2D cât și 3D, nanolitografia de tip dip pen, respectiv dip pen termic, nanolitografia prin
15 oxidarea anodică locală a substratului, tehnologia numită nanografting și/sau nanolitografia
17 de tip oxidare resist prin controlul câmpului și curentului electric în regim de buclă închisă,
fiecare cantilever efectuând numai un singur tip de proces nanolitografie dintre acestea
enumerare, cipul (1) fiind conectat la o unitate de lucru prin intermediul unor conexiuni
electrice și fluidice în sine cunoscute, sistemele de prindere fiind cele întâlnite în domeniul
microscopiei AFM și a derivatelor acesteia, cipul (1) conținând părțile de comandă și control
pentru fiecare cantilever în parte, precum și conexiunea acestora cu unitatea centrală de
comandă realizată prin intermediul unui set de controlere rapide și, respectiv, al unui
controler general.

19 2. Cip multi-rol pentru sisteme avansate de nanolitografie 2D și 3D, conform
21 revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, are în componență și cel puțin un cantilever de
23 caracterizare (8-12), pentru imagistica de tip microscop cu forță atomică AFM, imagistica de
25 tip AFM electric, imagistica de tip AFM magnetic, imagistica de tip microscopie optică în
27 câmp de proximitate SNOM și/sau nanospectroscopie Raman amplificată de vârf.

29 3. Cip multi-rol pentru sisteme avansate de nanolitografie 2D și 3D conform
31 revendicării 1 și 2, **caracterizat prin aceea că**, folosește cantileverele (2-12) care prezintă
33 structură de tip bimorf, acestea fiind deflectate în plan vertical cu ajutorul încălzirii
35 cantileverelor, încălzire care este efectuată fie prin efect Joule, fie prin efect termoelectric,
37 numai cantileverele care lucrează fiind curbate cu vârful în jos, adică spre substrat și sunt
comandate, iar celelalte cantileverele sunt curbate cu vârful în sus și nu sunt comandate de
către un sistem, fiecare cantilever (2)-(12) având un rezistor de încălzire a elementului bimorf
propriu amplasat pe sine.

39 4. Cip multi-rol pentru sisteme avansate de nanolitografie 2D și 3D conform
41 revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, mișcarea generală în plan vertical este asigurată
43 și cu ajutorul sistemelor piezoelectrice și/sau mecanice care asigură mișcarea pe verticală
a cipului (1) și a platformei pe care acesta este fixat.

45 5. Cip multi-rol pentru sisteme avansate de nanolitografie 2D și 3D conform
47 revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, mișcarea sa în plan orizontal este asigurată de
către o platformă la care este conectat.

39 6. Cip multi-rol pentru sisteme avansate de nanolitografie 2D și 3D conform
41 revendicării 1 și 2, **caracterizat prin aceea că**, citirea poziției/deflexiei verticale a
43 cantileverelor (2-12) poate fi realizată prin mijloacele în sine cunoscute din domeniul AFM
și anume optic, capacitiv, inductiv, piezoresistiv, condiția fiind ca modul de citire ales să nu
influențeze procesul de lucru, fiecare cantilever având sistemul propriu de citire a deplasării
verticale.

45 7. Cip multi-rol pentru sisteme avansate de nanolitografie 2D și 3D conform
47 revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, poate avea mai multe cantileverele pentru
nanolitografia de tip fountain pen și, respectiv, de tip fountain pen asistat optic, fiecare dintre
aceste cantileverele având un alt diametru al aperturii de ieșire din vârf.

RO 131269 B1

8. Cip multi-rol pentru sisteme avansate de nanolitografie 2D și 3D conform revendicării 1 și 2, **caracterizat prin aceea că**, unele dintre cantileverele (2-12) - și anume cele care nu au vârful perforat - pot avea vârful funcționalizat din punct de vedere chimic. 1
3
9. Cip multi-rol pentru sisteme avansate de nanolitografie 2D și 3D conform revendicării 1 și 2, **caracterizat prin aceea că**, mai conține bucla de reacție PID pentru menținerea poziției verticale a cantileverelor folosindu-se un controler PID pentru toate cantileverele (2-12), acestea lucrând pe rând și, prin intermediul unui comutator selector, fiind conectat la bucla PID numai acel cantilever care lucrează. 5
7
10. Cip multi-rol pentru sisteme avansate de nanolitografie 2D și 3D conform revendicării 1 și 2, **caracterizat prin aceea că**, pentru menținerea poziției verticale a cantileverelor (2-12) se folosește câte un controler PID al poziției verticale pentru fiecare cantilever în parte. 9
11
11. Cip multi-rol pentru sisteme avansate de nanolitografie 2D și 3D conform revendicării 1 și 2, **caracterizat prin aceea că**, conține conexiunile de alimentare a rezistorului de încălzire a elementului bimorf pentru fiecare dintre cantileverele, respectiv a electronicii pentru citirea fiecăruia dintre cantileverele (2-12), un piezorezistor sau un alt element de citire a deflexiei fiecărui cantilever, o punte Wheatstone la care este conectat piezorezistorul, un preamplificator de zgomot redus care preia semnalul de la puntea Wheatstone, un convertor analog-digital care preia semnalul de la preamplificator și îl transferă la controlerul PID pentru controlul poziției verticale a cantileverului. 13
15
17
19
12. Cip multi-rol pentru sisteme avansate de nanolitografie 2D și 3D conform revendicărilor 1 și 2, **caracterizat prin aceea că**, pentru comanda: 21
- cantileverului utilizat pentru partea de nanolitografie de tip fountain pen, respectiv nanolitografie de tip fountain pen astat optic, mai cuprinde și senzori de temperatură, de debit, de presiune și de nivel ai fluidelor de lucru, respectiv electronica aferentă citirii acestor senzori și transformării semnalelor respective în semnale digitale, micropompe, electronica de comandă a micropompelor, mixere fluidice active și/sau pasive, microrezervoare cu senzori de nivel, canalele microfluidice, conexiunile electrice aferente acestor elemente de circuit, conexiunile de alimentare pentru a realiza depuneri electrochimice la nanoscară; 23
25
27
29
 - cantileverului utilizat pentru partea de nanolitografie de tip nanofrazor mai conține și conexiunile de alimentare a sursei termice a cantileverului și, respectiv, conexiunile aferente de citire a sensorului de temperatură al cantileverului; 31
 - cantileverului utilizat pentru partea de nanolitografie de tip dip pen, respectiv de tip dip pen termic mai conține și conexiunile de alimentare a sursei termice a cantileverului și, respectiv, conexiunile aferente de citire a sensorului de temperatură al cantileverului; 33
35
 - cantileverului utilizat pentru partea de nanolitografie de tip oxidarea anodică locală, respectiv oxidarea resistului prin controlul câmpului și curentului electric în regim de buclă închisă mai conține și conexiunile electrice de alimentare cu curentul electric de descărcare. 37
13. Cip multi-rol pentru sisteme avansate de nanolitografie 2D și 3D conform revendicărilor 1 și 11, **caracterizat prin aceea că**, poate fi atașat unui cip (13) care conține toate controlerile rapide necesare comenzii și controlului cantileverelor (2-12) precum și interfața de comunicare cu controlerul general și/sau cu unitatea de calcul care comandă întregul sistem. 39
41
43

(51) Int.Cl.

B82Y 40/00 (2011.01);

G01Q 10/00 (2010.01);

G03F 7/16 (2006.01)

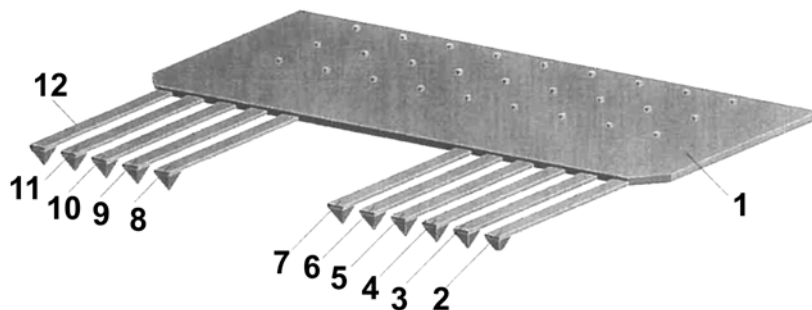


Fig. 1

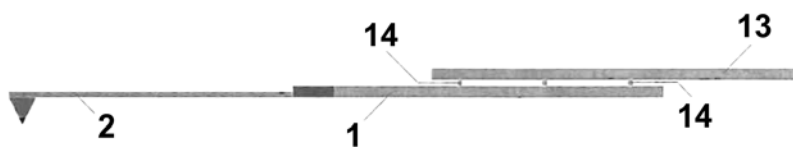


Fig. 2

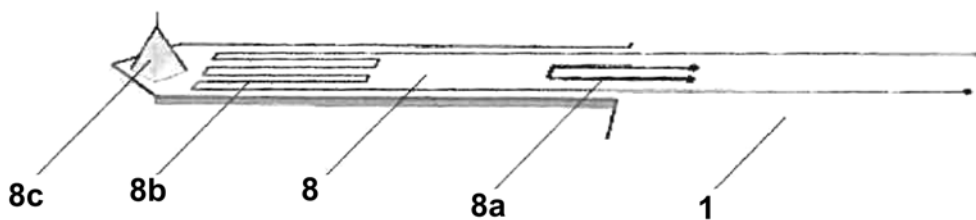


Fig. 3



Editare și tehnoredactare computerizată - OSIM
Tipărit la Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci
sub comanda nr. 142/2023