



(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2017 00959**

(22) Data de depozit: **21/11/2017**

(41) Data publicării cererii:
30/05/2019 BOPI nr. 5/2019

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

(72) Inventatori:

• **VOICU RODICA CRISTINA,**
COMUNA GRATIA, TR, RO;
• **MULLER RALUCA,**
STR. ȘTEFAN CEL MARE NR. 60, BL. 41,
SC. 2, AP. 51, SECTOR 2, BUCUREȘTI, B,
RO;
• **DINESCU MIRON ADRIAN,**
STR. BUJORILOR NR.4, BL.G3, SC.2, ET.1,
AP.20, MĂGURELE, IF, RO

(54)

DISPOZITIV DE MICRO-PENSETĂ POLIMERICĂ INTEGRATĂ CU SENZOR PIEZOREZISTIV DE FORȚĂ/DEPLASARE PENTRU MICRO-MANIPULARE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o micropensetă integrată cu senzori piezorezistivi de forță/deplasare cu dimensiuni submilimetrice, acționată electro-termic, cu ajutorul căreia pot fi manevrate/manipulate elemente de dimensiuni micrometrice, cum ar fi celule și țesuturi biologice, microlentile, microcomponente ale unor microsisteme. Micropenseta conform invenției este constituită dintr-un suport (1) de siliciu sau orice alt material pe care vor fi fixate, pe de o parte, componenta de actuator (2) electro-termic care este acționat electric prin intermediul a două paduri (3) metalice generând, prin încălzirea și expansiunea materialelor actuatorului (2), o deplasare a unui braț (4) liber activ care este susținut de o parte de flexiune (5) a brațului (4) liber, și, pe de altă parte, componenta de senzor (6) piezorezistiv de forță/deplasare care este monitorizat de bornele (7) metalice și care conține elemente (8) piezorezistive și un braț (9) pasiv, adică senzorul care poate conține o parte de flexiune (9'), astfel încât micropenseta este capabilă să manipuleze elemente la scară micrometrică.

Revendicări: 6

Figuri: 7

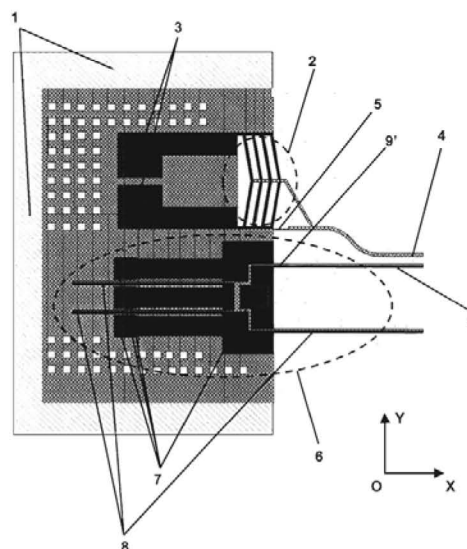


Fig. 1

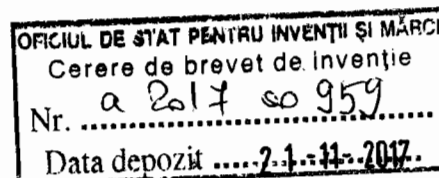


TITLUL INVENTIEI

**DISPOZITIV DE MICRO-PENSETA POLIMERICA INTEGRATA CU SENZOR
PIEZOREZISTIV DE FORTA/DEPLASARE PENTRU MICRO-MANIPULARE**

AUTORI: Rodica-Cristina Voicu, Adrian Dinescu, Raluca Müller

DESCRIERE



SUBIECTUL INVENȚIEI

Invenția se referă la un dispozitiv de micro-penseta foto/polimeric integrata cu senzori piezorezistivi de forta/deplasare cu dimensiuni sub-milimetrice, actionata electro-termic si cu miscarea in planul structurii dispozitivului cu ajutorul careia pot fi manevrate/manipulate elemente de dimensiuni micrometrice cum ar fi celule si tesuturi biologice, micro-lentile, micro-componente de micro sisteme, etc.

STADIUL TEHNICII

În literatura de specialitate sunt prezentate putine dispozitive cu senzori de forta integrati care nu aduc toate avantajele dispozitivului propus de noi, iar dispozitive fabricate din polimeri si integrate cu senzori sunt foarte putine in literatura. Multi autori au raportat folosirea de materiale care nu sunt polimerice sau utilizarea de polimeri care presupun metode de fabricare costisitoare sau senzori care nu masoara in mod direct forta.

În aplicatia de brevet european EP 3098032 A1 [„Micro gripper with force sensor”] se prezinta un dispozitiv de micro-penseta cu senzor de forta integrat in sa utilizeaza ca material structural siliciul, care nu este un material dielectric si o metoda de fabricare costisitoare, LIGA/UV-LIGA. Dispozitivul propus utilizeaza fortele liniare masurate intre 10 μ N si 1000 mN cu o deplasare relativa de pana la 1 mm sau mai mult.

Intr-un alt patent US 20100207411 [„MEMS-based micro and nano grippers with two-axis force sensors”] se prezinta inventia unui dispozitiv si metoda sa de microfabricare, dispozitivul fiind capabil sa prinda obiecte de dimensiuni micro si nano de diferite marimi si integrat cu un senzor pe directiile X si Y pentru a masura forte de apucare de ordinul nN. Acest tip de dispozitiv este in sa fabricat din materiale care nu sunt polimerice, si anume siliciul, iar senzorii sunt de tip capacitivi.

Descriere: pagina 1 din 12



Intr-o lucrare din literatura de specialitate, autorii [W. Zhang, M. Gnerlich, J.J. Paly, Y. Sun, G. Jing, A. Voloshin, S. Tatic-Lucic, „A polymer V-shaped electrothermal actuator array for biological applications”, J. Micromech. Microeng. 18 (2008) 075020] prezinta un dispozitiv integrat cu diferiti senzori utilizand pentru fabricarea sa si polimeri. Dispozitivul consta intr-o platforma pentru aplicatii biologice fabricata utilizand polimerul SU-8 si actuatorii in forma V electro-termici. Insa acest dispozitiv nu reprezinta un dispozitiv de micro-penseta integrata suspendata care sa poata fi utilizata separat si care sa poata fi atasata la un brat robotic pentru a putea apuca sau manipula micro-obiecte.

În alta lucrare [R-J. Chang, C-Y. Cheng, „Vision-based compliant-joint polymer force sensor integrated with microgripper for measuring gripping force”, IEEE Int. Conf. on Advanced Intelligent Mechatronics, 2009], este prezentat un dispozitiv ca senzor de forta integrat cu un microgriper fabricat folosind polimerul poliuretan. Grosimea dispozitivului este insa mare, de aproximativ 600 μm , iar actiunea este costisitoare utilizand aliaje cu memoria formeii.

Un dispozitiv de microgriper polimeric integrat cu un senzor de forta este prezentat si in lucrarea [R. E. Mackay, H. R. Le, S. Clark, J.A. Williams, „ Polymer micro-gripper with an integrated force sensor for biological manipulation”, J. Micromech. Microeng. 23 (2013) 015005] unde autorii integreaza de fapt o micro-oglinda in sistemul micro-griperului pentru a determina deplasarile actuatorului si indirect forta de apucare a micro-obiectelor. Fortele de apucare sunt intre 100 μN si 1 mN. Metoda utilizata pentru fabricarea dispozitivului este complicata datorita depunerii de straturi de metale ca strat de sacrificiu si oxidarea plachetelor inainte de inceperea proceselor de realizare. De asemenea rezistentele metalice nu sunt izolate electric datorita utilizarii unui singur strat de polimer, iar senzorul de forta este de fapt o fibra optica separata montata pe dispozitiv dupa fabricarea sa. Deci, fabricarea dispozitivului integrat nu este realizata simultan.

In literatura de specialitate nu sunt prezente dispozitive polimerice cu actiunea electro-termica utilizand forma V care sa aiba integrati senzori de forta/deplasare piezorezistivi, asa cum se prezinta in aceasta inventie.

DEZAVANTAJELE SOLUTIILOR PREZENTATE IN STADIUL TEHNICII

Dezavantajele solutiilor descrise la punctul anterior sunt:

- utilizarea de materiale care nu sunt dielectrice;
- straturi de polimer prea groase de peste 50-100 μm ;
- forta nu este masurata in mod direct de catre senzor;

Descriere: pagina 2 din 12



- straturi de metale depuse folosind promotori de aderență care pot genera stres mecanic în dispozitiv;
- dispozitivul nu este izolat din punct de vedere electric (stratul metalic) datorită utilizării unui singur strat de polimer sau datorită nefolosirii de materiale dielectrice ceea ce afectează funcționarea dispozitivului în lichide și în cazul probelor biologice;
- grad sporit de complexitate a metodei de fabricare a dispozitivelor datorită numărului mare de etape pe fluxul tehnologic sau datorită tipului de materiale utilizate.

PROBLEMA TEHNICA PE CARE O REZOLVA INVENTIA

Invenția rezolvă concomitent următoarele probleme tehnice: (a) realizarea de dispozitive polimerice integrate cu senzori de forță/deplasare care pot măsura concomitent deplasările în planul dispozitivului cât și forțele de apucare, în mod direct, ce pot fi atașate ca structuri de sine statatoare la un brat artificial robotic pentru a fi utilizate în micro-manipulare, poziționare, manevrare de micro-elemente; (b) bratele de prindere ale dispozitivului sunt fabricate dintr-un polimer dielectric și biocompatibil care izolează din punct de vedere electric dispozitivul; (c) grosimile dispozitivului sunt sub 60-100 μm ; (d) actuatorul este simplu folosind actuatorii în formă V electro-termici din polimer cu rezistențele din aur fără alte straturi de metal pentru adeziune care pot genera stresuri mecanice în dispozitiv; (e) procesele de fabricare ale dispozitivului sunt simple și nu necesită materiale și procedee costisitoare.

SOLUTIA INVENTIEI

Obiectivul acestei invenții constă în dezvoltarea unui dispozitiv de micro-pensetă care să fie capabil să își miste bratele pentru a putea manipula/manevra micro-elemente sensibile, cum ar fi cele din domeniul biologic sau medical, și în același timp dispozitivul să poată măsura și forța de prindere a elementului manevrat.

Soluția invenției constă în integrarea într-un singur dispozitiv folosind același flux tehnologic pentru fabricare, atât a unui actuator care generează mișcarea unui brat liber, cât și a unui senzor piezorezistiv pentru măsurarea forțelor de prindere și a deplasărilor bratelor în planul XOY al dispozitivului.

Soluția invenției constă în utilizarea de foto/polimeri biocompatibili și dielectrice ca strat structural, a actuatorilor în formă V de tip electro-termici pentru a

Descriere: pagina 3 din 12



obține mișcarea unui brat liber al micro-pensetei și integrarea în dispozitiv a unui senzor piezorezistiv din aceleași materiale ca și actuatorul care să măsoare forța și deplasarea bratelor micro-pensetei. Dispozitivul final de micro-pensetă integrat cu senzori este capabil să manevreze micro-elemente biologice fără a le deteriora mecanic fiind realizat dintr-un material polimeric dielectric și având forțe de prindere mici.

AVANTAJELE INVENTIEI ÎN RAPORT CU STADIUL TEHNICII

Invenția prezintă următoarele avantaje:

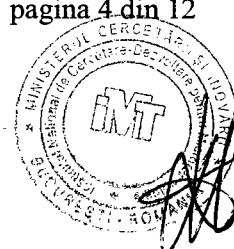
- (a) Simplitatea constructivă datorită numărului redus de elemente: dispozitive de (1) micro-pensete pentru micro-manipulare integrate concomitent cu (2) senzori de forță/deplasare. Dispozitivele cuprind atât o parte (1) pentru acționarea bratelor dispozitivului cât și o parte (2) utilizată simultan ca senzori pentru măsurarea forțelor exercitate asupra obiectelor și a deplasărilor bratelor dispozitivului.
- (b) Structura integrată de micro-pensetă, atât actuatorul în formă V cât și senzorul sunt fabricate simultan în același flux tehnologic;
- (c) Domeniu de lucru micrometric;
- (d) dispozitivele acestei invenții pot fi atașate ca structuri de sine statatoare la un brat de manipulator artificial sau la un brat robotic.
- (e) posibilitatea de a realiza măsurători privind forța și deplasarea bratelor dispozitivului concomitent cu acționarea dispozitivului și manipularea obiectelor.
- (f) utilizarea ca material structural un polimer/fotopolimer cu proprietăți dielectrice.
- (g) prin utilizarea de polimeri/fotopolimeri biocompatibili se pot realiza dispozitive biocompatibile acționate electro-termic utilizate pentru manipulări biologice.
- (h) costuri reduse privind fabricarea unui astfel de dispozitiv;
- (i) posibilitatea de producție de serie mare.

MODUL ÎN CARE INVENȚIA POATE FI EXPLOATATĂ INDUSTRIAL

Această invenție poate fi folosită în diferite domenii cum ar fi medicina, biologia, robotica sau micro-electronica.

Aplicațiile acestor dispozitive de micro-pensete polimerice cuprind micro-manipularea, manevrarea, testarea de micro-probe biologice dar și asamblarea,

Descriere: pagina 4 din 12



pozitionarea si plasarea de componente si parti ale micro-sistemelor mecanice de tip MEMS sau MOEMS (sisteme optice).

Dispozitivele prezentate in aceasta inventie sunt capabile sa actioneze in diverse medii de operare cum ar fi aer, gaze, apa sau alte lichide.

DESCRIEREA INVENTIEI

Invenția se referă la un dispozitiv de tip MEMS, o micro-penseta polimerica, actionata electro-termic utilizand actuatori in forma V, cu dimensiuni sub-milimetrice, integrata cu un senzor de forta/deplasare, cu ajutorul careia pot fi asamblate, manevrate, pozitionate, apucate si manipulate micro-elemente, precum celule, tesuturi biologice si micro-componente MEMS, cum ar fi lentile, fibre optice si cu ajutorul careia pot fi masurate totodata fortele de prindere si deplasările bratelor libere in planul dispozitivului.

Se da, in continuare, un exemplu de dispozitiv corespunzator inventiei, in legatura cu figurile 1...4, ce reprezinta:

- figura 1, alcatuirea dispozitivului de micro-penseta integrat cu senzor de forta/deplasare si sectiune in planul XOY al dispozitivului, conform inventiei;
- figura 2, sectiune in planul XOY al dispozitivului cu cele trei straturi de materiale care alcatuiesc micro-penseta, conform inventiei;
- figura 3, sectiune in planul YOZ al dispozitivului integrat cu senzor piezorezistiv de forta/deplasare si elemente metalice conductive integrate in polimerul dielectric, conform inventiei;
- figura 4, ilustrarea operatiei de miscare a bratului activ si prinderea unui micro-obiect (13) intre bratele micro-pensetei polimerice;

Dispozitivul de micro-penseta de tip MEMS, conform inventiei (figura 1), se compune dintr-un suport din siliciu sau orice alt material, denumit in continuare baza (1) pe care vor fi fixate urmatoarele componente ale dispozitivului:

- actuatorul electro-termic (2) care este actionat electric prin intermediul a doua paduri metalice (3) generand prin incalzirea si expansiunea materialelor actuatorului o deplasare a bratului liber activ (4) care este sustinut de o parte de flexiune (5) a bratului liber;
- senzorul de forta/deplasare (6) care este monitorizat de bornele-padurile metalice (7) si care contine elemente piezorezistive (8) si un brat pasiv (senzorul) (9) care poate contine o parte de flexiune (9').

Descriere: pagina 5 din 12



Baza (1) este realizata prin taierea unei plachete din siliciu sau prin orice alta tehnologie de corodare a plachetelor pentru a obtine partea de suport (1) pentru a pozitiona, lipi si fixa dispozitivul de micro-penseta realizat din polimer si metal, si anume padurile metalice ale actuatorului (3) si bornele-padurile metalice ale senzorului (7). Baza poate sa fie realizata din orice alt material, precum sticla, cuarț, polimer, si cu orice fel de orientare cristalografica, marime, grad sau tip de dopare si conductivitate pentru placheta din care este facuta.

Intregul dispozitiv in afara de baza (1) este realizat si compus (conform cu figura 2 si figura 3) dintr-un strat polimeric dielectric (10), un strat metalic conductiv (11) si inca un strat polimeric (12) din acelasi material si cu aceeasi grosime ca stratul (10). Aceasta dispunere a straturile ce compun dispozitivul asigura o buna miscare in planul dispozitivului a bratului activ reducand deplasările in afara planului, nedorite pentru acest tip de micro-penseta.

Dispozitivele de micro-penseta descrise au mișcarea în planul structurii, cu deschiderea sau închiderea brațelor, in vederea pozitionarii sau manipularii unor elemente la scara micro, cum ar fi celule, tesuturi biologice si micro-componente MEMS, micro sisteme electrice sau optice.

Dispozitivul este actionat utilizand efectul electro-termo-mecanic, adica prin trecerea unui curent electric printr-un traseu conductiv se obtine incalzirea materialului in locul dorit in dispozitiv, si anume in zona actuatorului (2). Cresterea de temperatura va determina expansiunea termica a materialului. Aceasta expansiune va genera o deformare care este amplificată mecanic și este transmisă bratului activ (4) al dispozitivului pentru a prinde si manevra un micro-obiect (13).

Actuatorul electro-termic (2) si bratul pasiv (9) este realizat dintr-un polimer dielectric si bicompatibil, precum fotopolimerul SU-8, si un metal conductiv, precum aurul. Bratul pasiv (9) poate fi realizat partial doar dintr-un polimer cu mutarea partii de senzor mai spre zona de incastrare a bratului. Bratul activ (4) si partea de flexiune (5) este realizata doar din polimer dielectric. Ambele brate, activ si pasiv, sunt deci realizate din polimer dielectric si biocompatibil care incapsuleaza traseul metalic in structura de polimer izoland electric bratele. Astfel, obiectul manipulat este protejat si nu prezinta risc de deteriorare din punct de vedere electric.

Senzorul de forta/deplasare (6) este compus din elemente piezorezistive (8) si un brat pasiv (9) care va fi deformat in momentul cand micro-penseta apuca un micro-obiect (13) (figura 4). Puntea Wheatstone formata in partea senzorului (6)

Descriere: pagina 6 din 12



este folosita apoi pentru a masura rezistentele corespunzatoare. Starea de echilibru este dependenta de raporturile rezistentelor formate cu elementele piezorezistive (8) si bratul pasiv (9) si este independenta de tensiunea de alimentare. Rezistenta necunoscuta corespunzatoare bratului pasiv (9) deformat se va calcula prin conectarea cu elementele piezorezistive alaturate (8). Celelalte trei componente (8) sunt dispozitive de precizie, a caror rezistenta este cunoscuta. Oricare din cei trei rezistori poate fi inlocuit sau ajustat, astfel incat puntea sa fie echilibrata. Cand se ajunge la echilibru, valoarea rezistorului necunoscut se determina din raporturile rezistentelor cunoscute utilizand bornele metalice (7).

In urma aplicarii unui potential electric pe padurile metalice (3) actuatorul (2) in forma V se va incalzi, materialul se va expanda si va genera miscarea bratului activ (4) care va micsora distanta initiala dintre bratele micro-pensetei (4, 9) determinand inchiderea bratelor in planul XOY si prinderea unui micro-obiect (figura 4) care la randul lui va impinge in bratul pasiv (9) si ii va modifica rezistenta fapt ce va duce la determinarea fortei de prindere si a deplasarii bratelor micro-pensetei.

Polimerii/fotopolimerii dielectrici (10,11), cum ar fi cei din clasele de SU-8, au fost alesi datorita proprietatilor lor mecanice, termice si electrice, a posibilitatilor de micro-prelucrare, precum si datorita proprietatilor de biocompatibilitate. De asemenea, polimerii precum SU-8 sunt folositi direct ca material structural pentru a realiza componente micromecanice în zona tehnologiilor sistemelor micro-electro-mecanice (MEMS).

Mai mult decât atât, polimerul SU-8 este insolubil în apă, biocompatibil și după polimerizare are durabilitate chimică. De asemenea, permite obținerea suprafețelor cu un bun aspect al rugozității, necesar pentru proiectarea structurilor mecanice a MEMS-urilor fiabile și cu bune proprietăți tribologice și mecanice.

Fabricarea structurilor cu capete libere, cum sunt micro-consolele încastrate la un capăt sau la ambele capete din polimerul SU-8 prezintă avantaje față de siliciul folosit adesea ca material pentru micro-pensete. De exemplu, voltajul necesar pentru a opera un actuator fabricat din polimerul SU-8 este redus datorită modulului de elasticitate mai mic care asigură o rigiditate mecanică mai scăzută a structurii. Din punct de vedere termic, de exemplu, fotopolimerii din clasa SU-8 prezintă un coeficient de dilatare termica mare.

Metalul intermediar (11), cum ar fi aurul, a fost ales ca strat conductiv datorita proprietatilor sale de biocompatibilitate si a coeficientului de dilatarea termica ridicat in comparatie cu alte metale, dar si datorita compatibilitatii tehnologice cu fotopolimerii, cum ar fi SU-8.

Descriere: pagina 7 din 12



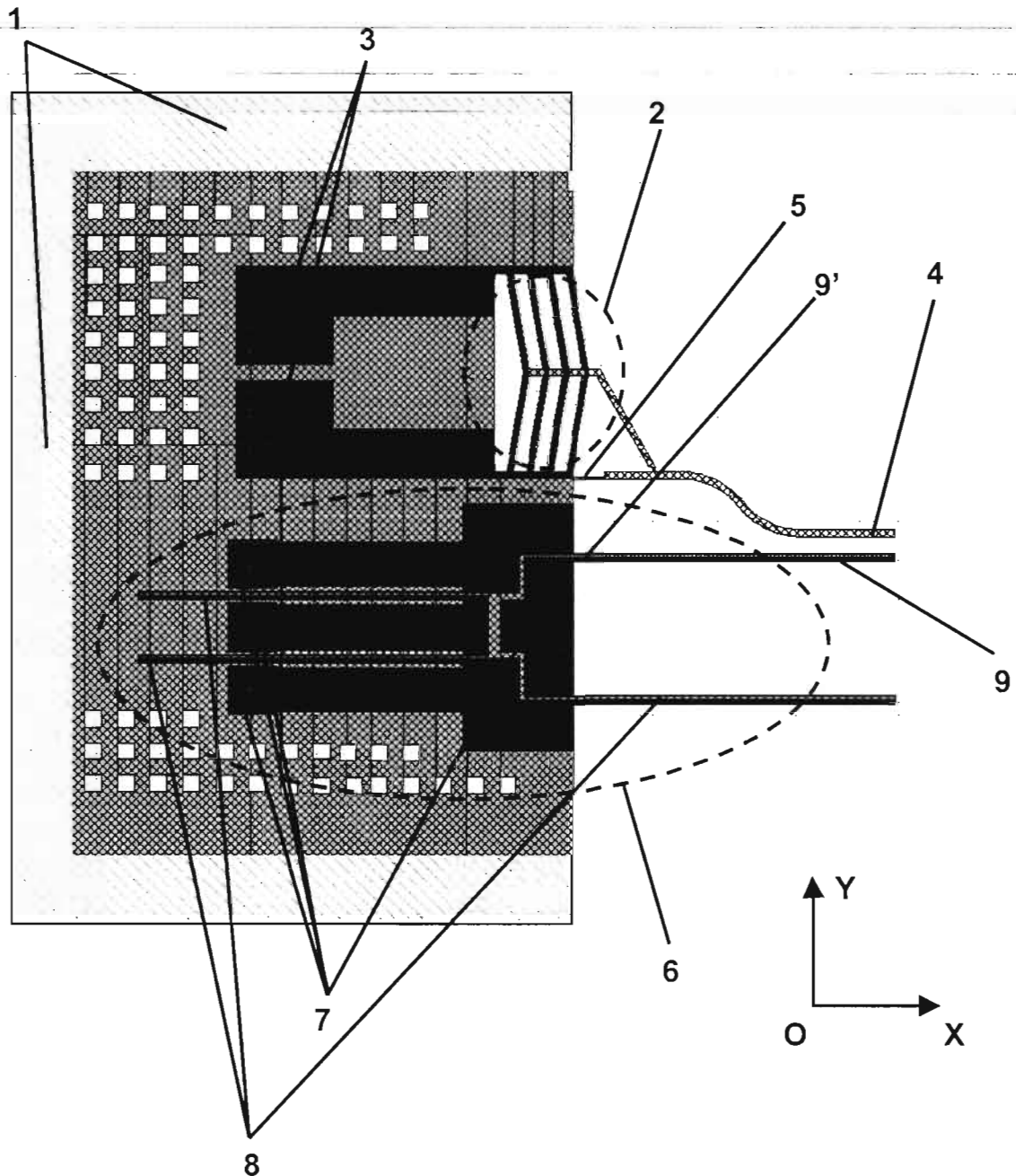
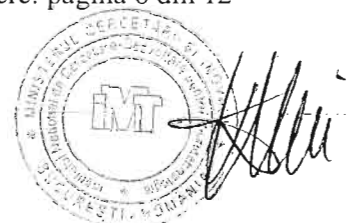


Figura 1: Dispozitiv de micro-penseta polimerica integrata cu senzor piezorezistiv de forta/deplasare cu actionare electro-termica, de tip MEMS, utilizat pentru micro-manipulare, cu strat metalic incapsulat in fotopolimer (SU-8) (vedere in planul dispozitivului XOY)

Descriere: pagina 8 din 12



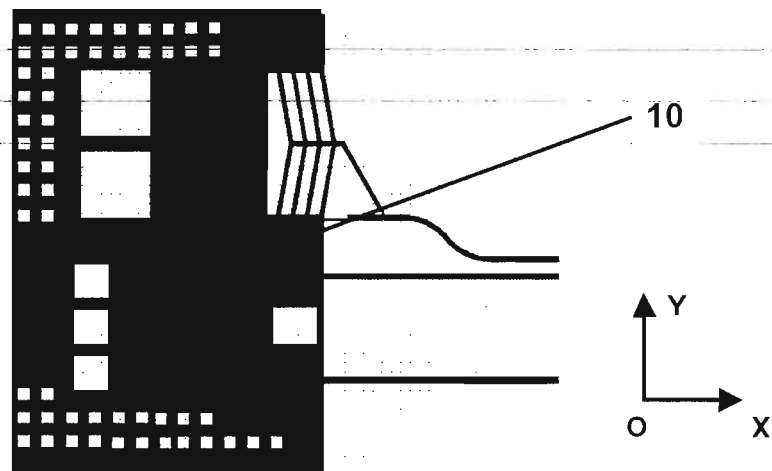


Figura 2A.

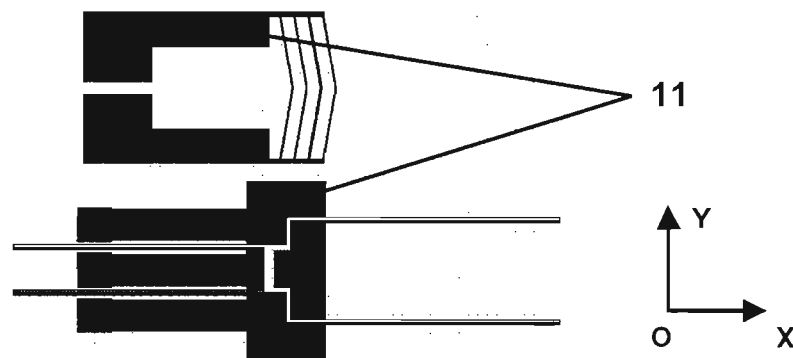


Figura 2B.

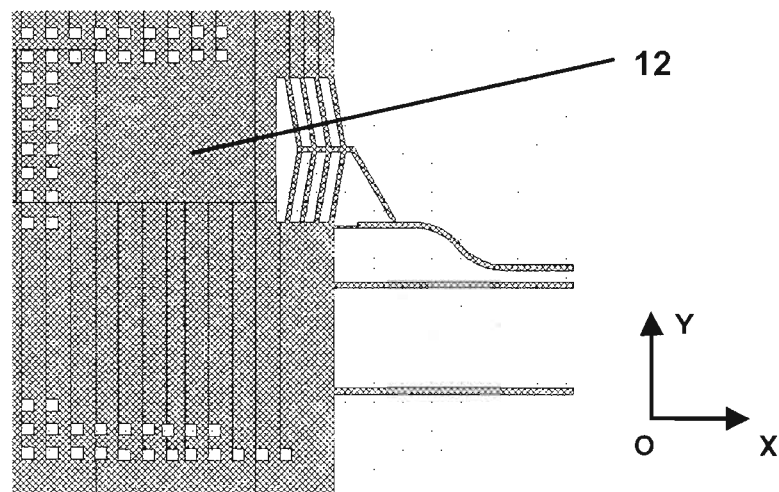
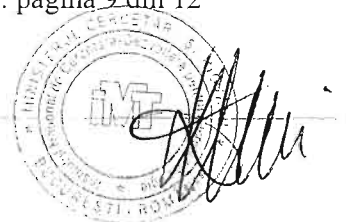


Figura 2C.

Figura 2: Vedere in secțiune, în planul XOY al dispozitivului cu cele trei straturi de materiale care alcătuiesc micro-penseta, conform invenției; vedere explodată pe straturi: Figura 2A: al doilea strat de polimer SU-8 configurat, cu deschideri pentru

Descriere: pagina 9 din 12



accesarea padurilor metalice; Figura 2B: strat metalic din Au configurat; Figura 2C: primul strat de polimer SU-8 configurat. Numerotarea straturilor se face de la substrat, baza (1) in sus, in ordinea realizarii tehnologice.

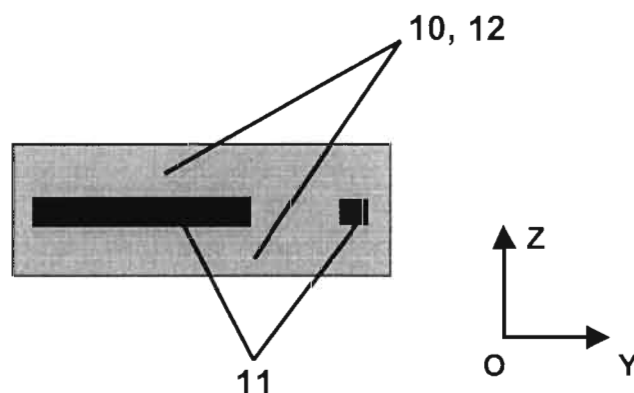


Figura 3: Vedere in sectiunea bratului pasiv (9), in planul YOZ al dispozitivului de micro-penseta integrata cu senzor piezorezistiv de forta/deplasare.

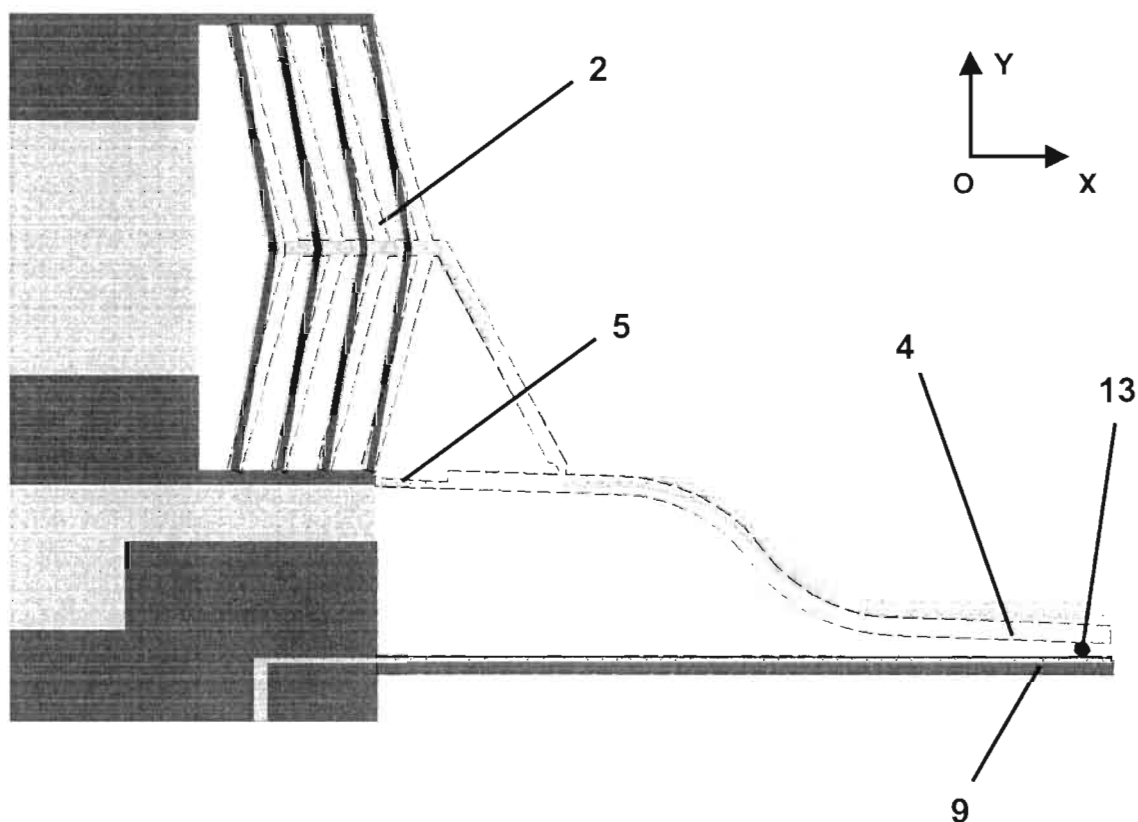


Figura 4: Dispozitiv de micro-penseta polimerica integrata cu senzor piezorezistiv de forta/deplasare prezentat in timpul operatiei de prindere a unui micro-obiect (13) prin miscarea bratului activ (4) in urma actionarii actuatorului (2) (vedere in planul dispozitivului XOY)

EXEMPLU DE REALIZARE CONCRETĂ A INVENȚIEI

Un exemplu de dispozitiv de micro-penseta foto/polimeric integrată cu senzori piezorezistivi de forta/deplasare cu dimensiuni sub-milimetrice, acționată electro-termic și cu mișcarea în planul structurii dispozitivului cu ajutorul căreia pot fi manevrate/manipulate elemente de dimensiuni micrometrice a fost realizată și testată conform Figurilor 5..7.

Dispozitivul de micro-penseta este acționată electro-termic cu mișcare în planul structurii XOY. Bratele dispozitivului sunt în starea inițială deschisă. În momentul acționării electro-termice prin aplicarea unei diferențe de potențial pe padurile metalice structura își va închide bratul activ care împreună cu bratul pasiv de senzor va putea prinde sau manipula un micro-obiect.

Dispozitivul de micro-penseta este integrat cu un senzor piezorezistiv de forta/deplasare și a fost realizat tehnologic utilizând ca materiale polimerul SU-8 și metalul Au. Dispozitivul a fost testat atât pe partea de acționare, pentru a obține mișcarea bratului activ (4) (Figura 7D și Figura 7E) cât și pentru partea de senzor, adică bratul pasiv (Figura 6). Considerând zgomotul electric ce poate interveni în măsuratori, de aproximativ 0.01V, s-a măsurat o rezoluție de măsurare a forței de aproximativ 5μN pentru acest dispozitiv realizat, iar actuatorul produce o mișcare a bratului activ (4) de aproximativ 80 μm.

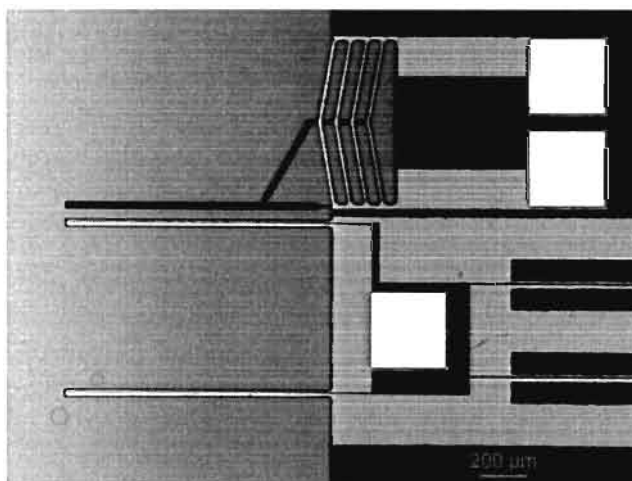


Figura 5. Imagine la microscopul optic cu un exemplu de dispozitiv fabricat din fotopolimerul SU-8 și Au, o micro-penseta integrată cu senzori de forta/deplasare piezorezistivi.

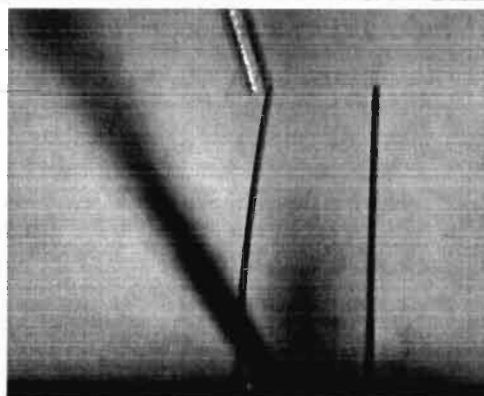


Figura 6. Imagine la microscopul optic cu ajutorul unei camere video in momentul testarii senzorului piezorezistiv de forta/deplasare integrat dispozitivul de micro-penseta;

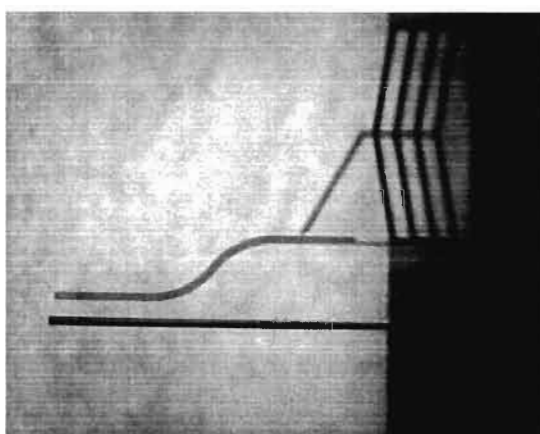


Figura 7D.

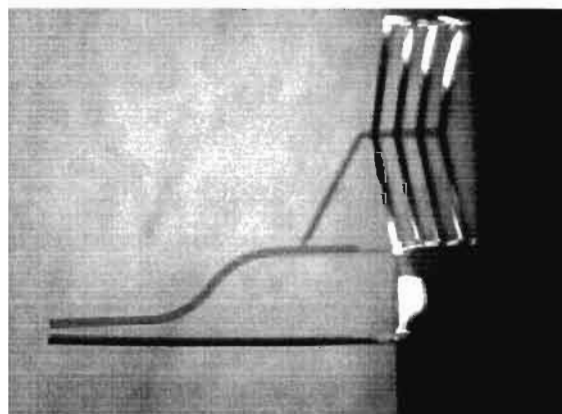


Figura 7E.

Figura 7. Diferite stagii de operare ale bratelor micro-pensetei in momentul actionarii: Figura 7D: deschiderea initiala a bratelor micro-pensetei; Figura 7E: inchiderea bratului activ.

REVENDICARI

1. Dispozitiv de micro-penseta polimerica integrata cu senzor piezorezistiv de forta/deplasare alcatuit dintr-o baza (1) ce pozitioneaza minim un brat activ (4) si minim un brat pasiv (9), **caracterizat prin aceea ca** pe baza (1) vor fi fixate pe de o parte componenta de actuator electro-termic (2) care este actionat electric prin intermediul a doua paduri metalice (3) generand prin incalzirea si expansiunea materialelor actuatorului o deplasare a bratului liber activ (4) care este sustinut de o parte de flexiune (5) a bratului liber, si pe de alta parte componenta de senzor piezorezistiv de forta/deplasare (6) care este monitorizat de bornele-padurile metalice (7) si care contine elemente piezorezistive (8) si un brat pasiv (9), adica senzorul care poate contine o parte de flexiune (9') si dispozitivul este capabil sa manipuleze elemente (13) la scara micrometrica.
2. Dispozitiv, conform revendicarii 1, **caracterizat prin aceea ca** baza (1) poate fi si sticla, sau ceramica, sau cuarț, sau polimer, sau plastic.
3. Dispozitiv, conform revendicarii 1, **caracterizat prin aceea ca** straturile de materiale structurale (10) si (12) ce compun dispozitivul de micro-penseta integrata cu senzori de forta au aceeasi grosime cuprinsa intre 5..50 micrometri si contin orificii de orice forma care ajuta la eliberarea dispozitivului final de pe substrat, iar grosimea dispozitivului nu depaseste valoarea de 100 micrometri.
4. Dispozitiv, conform revendicarii 1, **caracterizat prin aceea ca** senzorul de forta (6) integrat in micro-penseta are o rezolutie de masurare a fortei de la cativa nN la 50 μ N si este pozitionat langa actuatorul electro-termic (2).
5. Dispozitiv, conform revendicarilor 1 si 2, **caracterizat prin aceea ca** dispozitivul de micro-penseta cuprinde un actuator electro-termic de orice forma (2) care determina o miscare in planul dispozitivului astfel incat micro-penseta este capabila sa manevreze/manipuleze obiecte (13) cu diametrul cuprins intre 1...200 μ m, iar bratele care manipuleaza obiectul, bratul activ (4) si bratul pasiv (9) sunt acoperite complet cu polimer dielectric astfel incat contactul cu obiectul de manipulat (13) este protejat din punct de vedere electric.
6. Dispozitiv, conform revendicarii 1, **caracterizat prin aceea ca** elementele piezorezistive (8) si bratul pasiv (9) cuprind rezistente metalice realizate dintr-un singur metal sau material conductiv electric (11) fara a utiliza straturi de adeziune.

Revendicari: pagina 1 din 1



DESENE

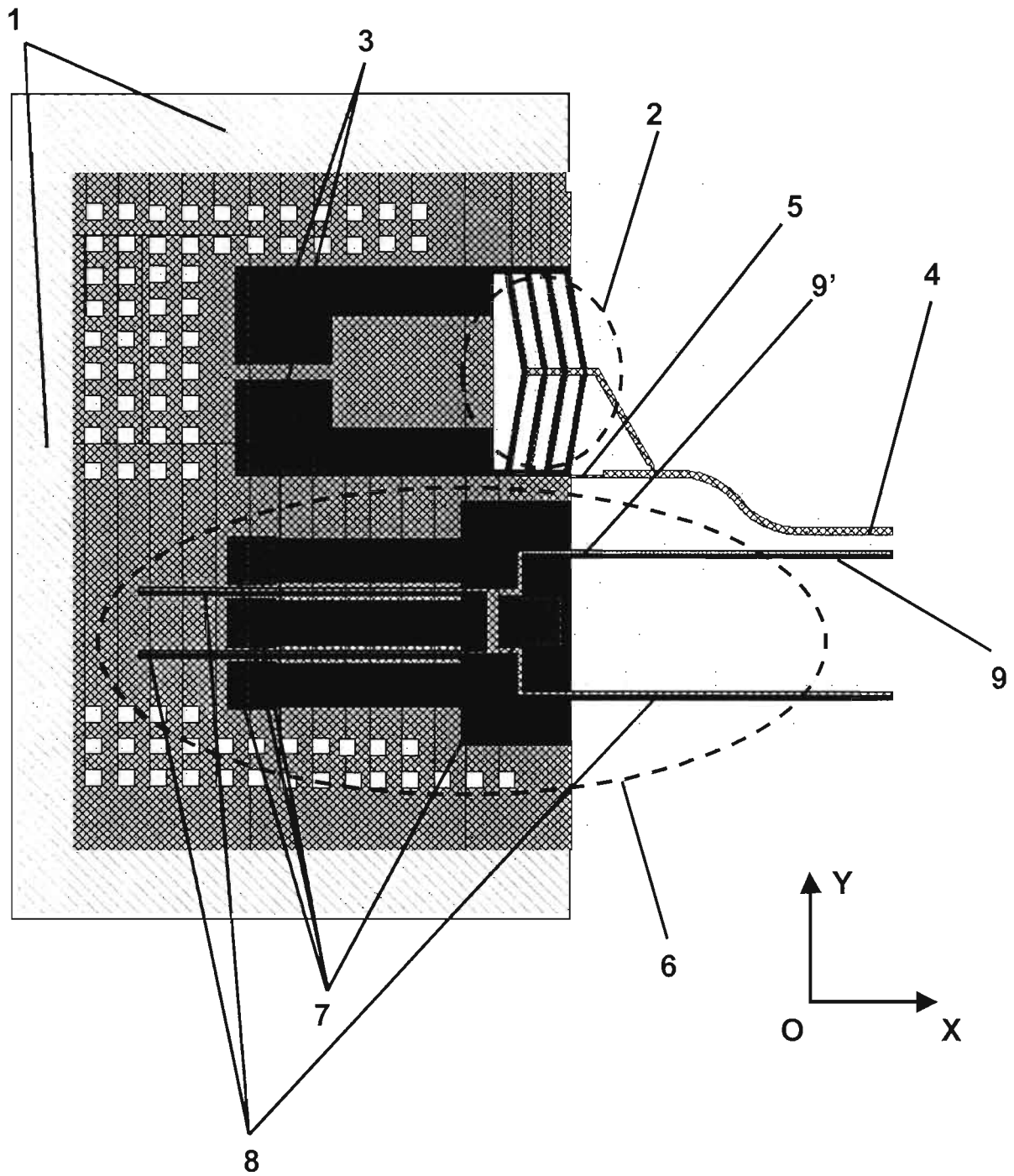


Figura 1

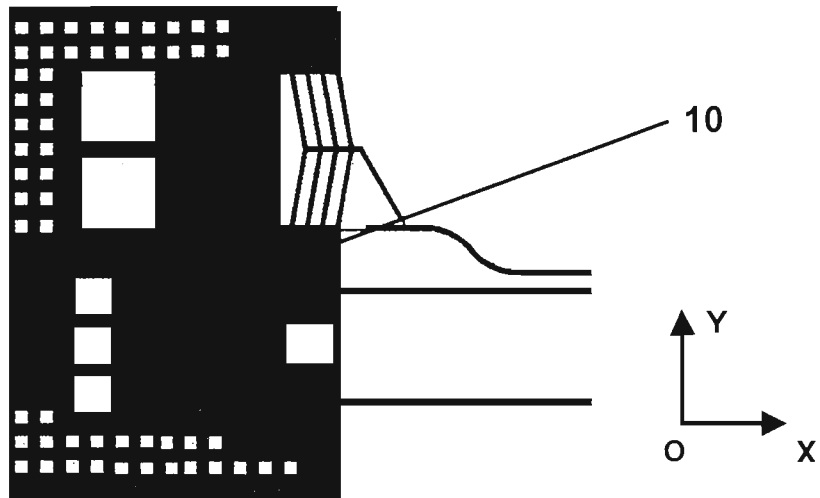


Figura 2A

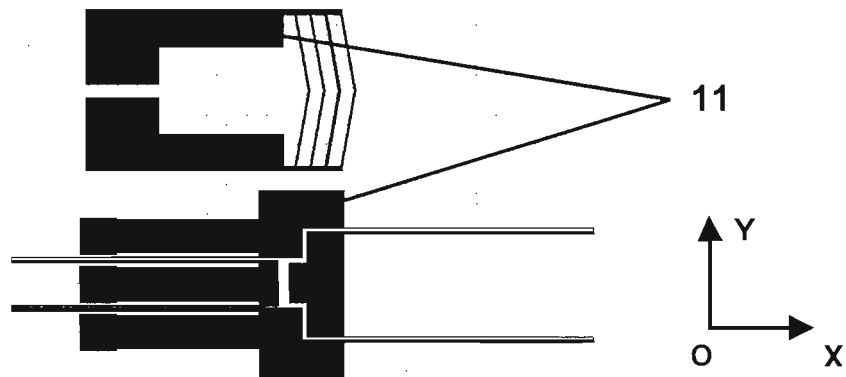


Figura 2B

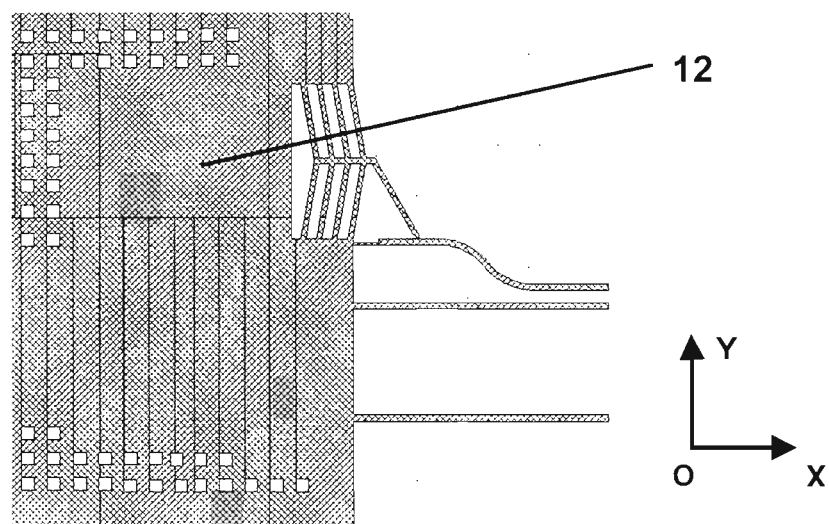
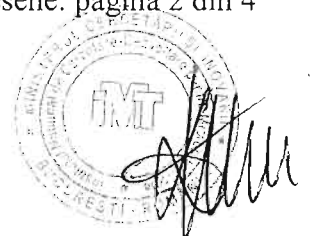


Figura 2C

Desene: pagina 2 din 4



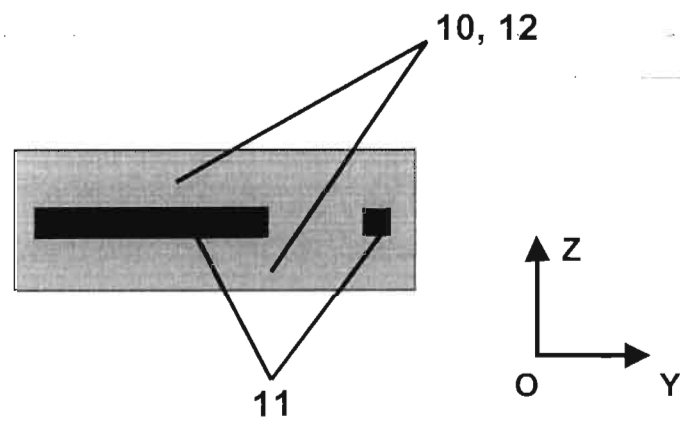


Figura 3

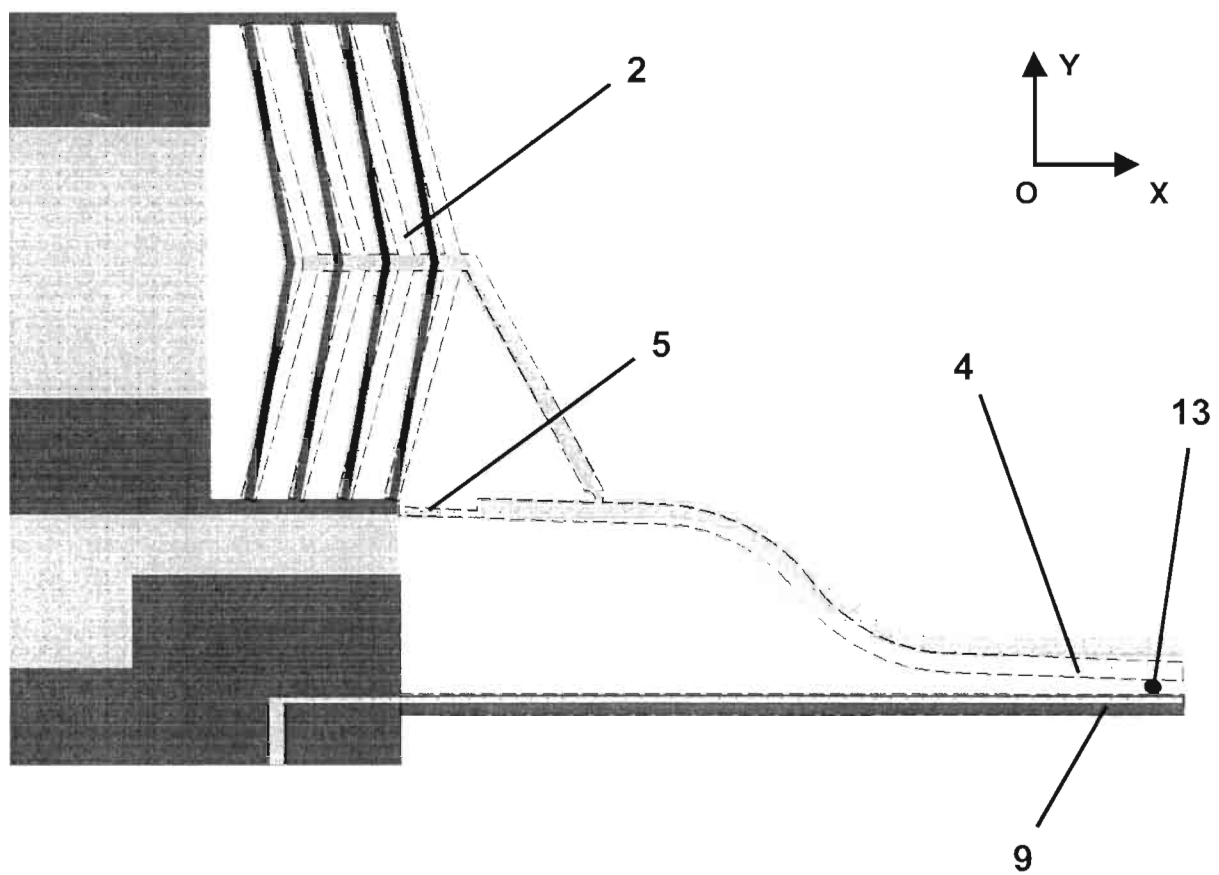


Figura 4

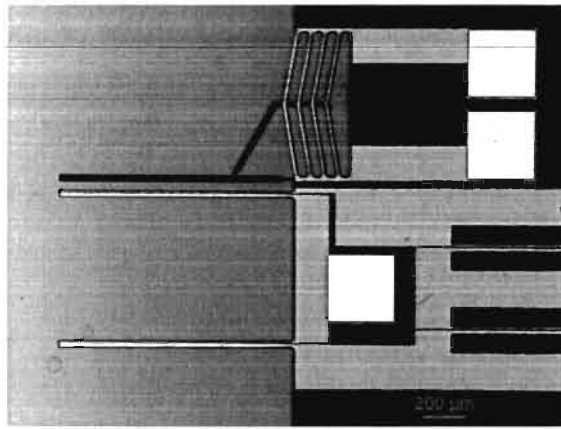


Figura 5

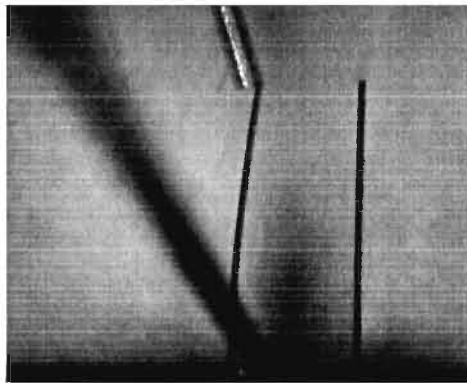


Figura 6

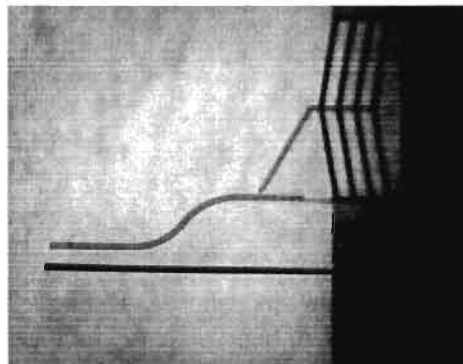


Figura 7D

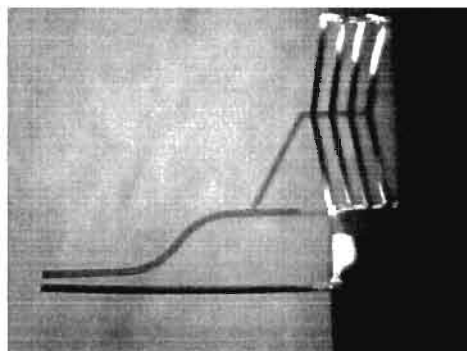


Figura 7E

Desene: pagina 4 din 4

