



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2011 01256**

(22) Data de depozit: **28/11/2011**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30/05/2022** BOPI nr. **5/2022**

(41) Data publicării cererii:
30/08/2012 BOPI nr. **8/2012**

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

(72) Inventatori:
• **VOICU RODICA CRISTINA,
COMUNA GRATIA, TR, RO;**

• **CARP MIHAELA, STR. MELODIEI NR. 8,
BL. B8, SC. 6, AP. 52, GALAȚI, GL, RO;**
• **MULLER RALUCA, STR. ȘTEFAN CEL
MARE NR. 60, BL. 41, SC. 2, AP. 51,
SECTOR 2, BUCUREȘTI, B, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:
**US 2003/0119221 A1; US 2003/0058069 A1;
US 5578976 A; US 6720851 B2**

(54) **PROCEDEU DE REALIZARE A UNEI STRUCTURI
DE COMUTATOR MICROELECTROMECHANIC ȘI
STRUCTURĂ DE COMUTATOR MICROELECTROMECHANIC
REALIZAT PE BAZĂ DE FOTOPOLIMERI**



RO 127788 B1

1 Invenția se referă la un procedeu de realizare a unei structuri de comutator micro-
electromecanic și la o structură de comutator microelectromecanic obținută, care se prezintă
3 sub forma unui dispozitiv de tip micro-switch, de dimensiuni sub-milimetrice, cu ajutorul
cărui se poate realiza un contact electric de tip ohmic (rezistiv) între două trasee conduc-
5 toare datorită acționării electrostatice a dispozitivului realizat conform procedurii.

Procedeu de realizare a unei structuri de comutator microelectromecanic, conform
7 invenției, permite realizarea unui dispozitiv acționat cu ajutorul forțelor electrostatice care
apar între armăturile unui condensator, o armătură fiind fixă și alta mobilă. Astfel, acționarea
9 se realizează prin aplicarea unei diferențe de potențial electric între două terminale ale sale:
se polarizează un electrod fix amplasat pe un substrat și un electrod mobil amplasat pe o
11 structură deformabilă de tip microconsolă. Prin intermediul forțelor de atracție electrostatică
care apar între cei doi electrozi structura mobilă se deformează, iar o parte metalizată a
13 acesteia intră în contact cu două *pad*-uri, care la rândul lor sunt conectate la traseele
electrice între care trebuie realizat contactul electric.

15 Un exemplu de procedeu de realizare a unei structuri de comutator microelec-
tromecanic de tip întrerupător micromecanic RF este prezentat în brevetul **US 5578976**
17 având titlul „*Micro electromechanical RF switch*”, autor Jun J. Yao. Întrerupătorul micro-
mecanic RF, realizat conform procedurii cunoscut, este compus dintr-un cantilever/micro-
19 consolă de oxid de siliciu fabricat prin tehnologie planară pe un substrat semiizolator de
arseniură de galiu (GaAs) utilizând cinci măști de fabricare. Cantileverul are un contact
21 metalic (de preferință un metal care nu se oxidează cu ușurință, cum ar fi platina, aurul sau
aur cu paladiu) în partea inferioară și este poziționat deasupra unei întreruperi a liniei meta-
23 lice de semnal RF. Deasupra cantileverului este un alt electrod ce formează un condensator
cu electrodul de pe partea inferioară a cantileverului. Dimensiunile generale ale canti-
25 leverului, conform brevetului **US 5578976**, sunt între 10 până la 1000 μm lungime, 1 până
la 100 μm lățime, și 1 până la 10 μm grosime. Aria condensatorului este între 100 μm^2 până
27 la 1 mm^2 . Distanța între cantilever și substrat este între 1-10 μm . Aurul depus pentru liniile
metalice de semnal RF este de grosime între 1-10 μm și lățime de 10-1000 μm pentru a
29 obține impedanța dorită. Metalul contactului este de grosime 1-10 μm și aria de
10-10,000 μm^2 . Dispozitivul poate fi adus din starea deschis (fără contact) în starea închisă
31 (cu contact) prin aplicarea unei tensiuni de 28 V. Utilizând tehnica de tip "*chemical vapor
deposition*" (PECVD) la o temperatură de 250° C, un strat de oxid de siliciu (SiO_2) este depus
33 pentru a fi utilizat ca și material structural pentru obținerea microconsolei, iar un strat de
material de tip polimidă este utilizat ca strat de sacrificiu. Pentru a forma structura de
35 ancorare a brațului de microconsolă, materialul structural este efectiv depus pe substrat într-
o adâncitură gravată în zona stratului de sacrificiu. Pentru formarea brațului de microconsolă,
37 electrozii și contactul, un material de sacrificiu, cum ar fi un strat de polimidă termică (de tip
DuPont PI2556), se depune pe substrat. Polimida poate fi întărită la cuptor, prin coacere la
39 temperaturi nu mai mari decât 250° C. Un al doilea material de sacrificiu, cum ar fi un strat
de polimidă preimidizată (de tip OCG Probeimidă 285) care poate fi eliminat, selectiv, din
41 primul material de sacrificiu este, apoi, depus. Materialul de tip OCG Probeimidă 285 poate
fi centrifugat și tratat termic la o temperatură maximă de coacere de 170° C. Un strat gros de
43 nitrură de siliciu de 1500 Å este apoi depus și configurat folosind tehnici de fotolitografie și
de tip RIE ("*reactiv ion etching*") în CHF_3 și O_2 . Un strat de aur este depus prin evaporare (de
45 tip electron beam) cu o grosime egală cu cea a stratului de polimidă tratat termic pentru a
forma electrodul inferior și linia de semnal. Ulterior stratul de Au este configurat prin tehnica
47 de tip *lift-off*. Un al doilea strat de polimidă termică de tip DuPont PI2555, este depus și tratat
termic. Un strat de Au cu grosimea de 1 μm este depus folosind tehnica de tip evaporare cu

RO 127788 B1

fascicul de electroni și configurat utilizând tehnica de tip *lif-off* pentru a forma metalul de contact. Un strat de oxid de siliciu de tip PECVD cu grosimea de 2 μm este apoi depus și configurat prin fotolitografie și procesul de corodare uscată de tip RIE pentru a forma brațul microconsolei. Un strat subțire de Al (2500 Å) este apoi depus folosind tehnica de tip evaporare cu fascicul de electroni și configurat pentru a forma electrodul superior. În final, întreaga structură a comutatorului RF este eliberată prin corodarea uscată a filmelor de polimidă.

Un alt exemplu de procedeu de realizare a unei structuri de comutator microelectromecanic este cunoscut dintr-un alt brevet **US 6720851** având titlul "**Micro Electromechanical Switches**", inventatori, Paul Hallbjörner, Göteborg [SE] și Erik Carlsson, Mölnlycke [SE] procedeu prin care sunt realizate două tipuri de comutatoare MEMS: unul sub forma de "pod" (o bară semiconductoare fixată pe doi suporturi la fiecare capăt cu un electrod poziționat pe baza suporturilor în dreptul mijlocului barei) și o structură formată dintr-un grup de comutatoare cuplate. Fiecare comutator este format dintr-un cantilever fixat pe un suport de comutare cu un electrod de comandă a actuatorului de comutare, fiind denumite comutator primar și comutator de reconfigurare. Electrocul de control al comutatorului de reconfigurare este poziționat între suportul comutatorului primar (care este realizat astfel încât este flexibil în plan orizontal) și suportul comutatorului de reconfigurare cu rolul de a prelua variațiile de tensiune ale cantileverului primar, astfel, închizând sau deschizând circuitul, în funcție de tensiunea aplicată. Comutatorul MEMS poate fi fabricat, cu structura de ancorare a microconsolei fiind deasupra unui substrat, adică să se poziționeze proeminent față de substrat, caz în care substratul coincide cu baza fixă a comutatorului. Pe de altă parte, un comutator MEMS poate fi fabricat prin crearea unui orificiu în substratul de sub microconsolă care să fie, apoi, susținut la unul sau ambele capete de către substratul înconjurător. În acest caz, baza fixă a comutatorului MEMS nu va coincide cu substratul, ci va fi situat la baza orificiului de sub comutator.

Un alt exemplu de procedeu de realizare a unei structuri de comutator microelectromecanic este cunoscut dintr-un alt document de tip brevet **US 2003/0058069 A1** având titlul "**STRESS BIMORPH MEMS SWITCHES AND METHODS OF MAKING SAME**", inventatori, Robert N. Schwartz, Ming Wu, Tsung-Yuan Hsu, Adele E. Schmitz, Robert Y. Loo, James H. Schaffner, Gregory L. Tangonan, procedeu prin care sunt realizate trei tipuri de comutatoare MEMS care minimizează starea "OFF" a capacității comutatorului microelectromecanic acționabil electrostatic format pe un substrat, fără creșterea corespunzătoare a tensiunii necesare acționării structurii. Structura de cantilever permite realizarea unei distanțe mari (până la aproximativ 300 de micrometri) între linia de transmisie formată pe substrat și contactul electric format pe brațul actuatorului, menținând în același timp o acționare foarte scăzută de tensiune (aproximativ 20 V). Comutatorul poate fi fabricat folosind un procedeu de microprelucrare de suprafață pe bază de polisiliciu sau folosind un proces de microprelucrare de suprafață metal/izolator. Substratul poate fi o plachetă de GaAs semiizolantă, deși pot fi utilizate și alte materiale, cum ar fi InP, ceramică, cuarț sau siliciu. Siliciul policristalin depus, folosind tehnica de tip "*chemical vapor deposition*" îmbunătățită cu plasmă, poate fi utilizat ca material structural preferat pentru picioarele de ancorare și brațul de acționare, iar dioxidul de siliciu poate fi utilizat ca material de sacrificiu. Fabricarea comutatorului începe cu realizarea substratului electrostatic. Anterior formării stratului electrostatic, pe substrat se formează un prim strat de material de sacrificiu, cum ar fi dioxidul de siliciu. Un orificiu este apoi gravat în primul strat de sacrificiu pentru a face loc realizării primului substrat electrostatic. Un prim strat de aur (sau alt material conductor) este, de preferință, depus utilizând tehnica "*electron beam evaporation*" și cea de "*lift-off*" pentru realizarea stratului electrostatic. Linia de transmisie întreruptă poate fi, apoi, formată.

RO 127788 B1

1 Un al doilea strat de material de sacrificiu, cum ar fi oxidul de siliciu, este depus. Un orificiu
este obținut pe o parte a comutatorului, prin primul și al doilea strat de sacrificiu, pentru a se
3 obține o primă porțiune a liniei de transmisie. Un orificiu corespunzător pe cealaltă parte a
comutatorului este, de asemenea, obținut prin primul și al doilea strat de sacrificiu, pentru
5 a se obține o a doua porțiune a liniei de transmisie. Cele două porțiuni ale liniei de transmisie
sunt separate de un spațiu liber. Un al doilea strat de material conductiv, cum ar fi aurul,
7 este, de preferință, depus utilizând tehnica "*electron beam evaporation*" și cea de "*lift-off*"
pentru a forma prima și a doua porțiune a liniei de transmisie. Contactul electric poate fi,
9 apoi, realizat. Un al treilea strat de sacrificiu este depus deasupra celui de-al doilea strat de
sacrificiu și deasupra porțiunii corespunzătoare a liniei de transmisie. Un orificiu este, apoi,
11 gravat parțial, în cel de-al treilea strat de sacrificiu. Un al treilea strat de material conductiv,
cum ar fi aurul, este de preferință depus utilizând tehnica "*electron beam evaporation*" și cea
13 de "*lift-off*" pentru a forma contactul electric. În continuare, poate fi realizată porțiunea de
acționare. Un orificiu este obținut prin primul, al doilea și al treilea strat de sacrificiu, pentru
15 a forma locația pentru elementul de ancorare al microconsolei. Un strat de siliciu policristalin
este, apoi, depus deasupra straturilor de sacrificiu pentru a forma structura de ancorare a
17 brațului de microconsolă și brațul de acționare de microconsolă. Factorii de proces care afec-
tează stresul rezidual sunt: tensiunile din siliciul policristalin, în timpul fazelor de depunere
19 și eliberare ce includ structura stratului depus (adică gradul de cristalinitate), textura stratului,
grosimea stratului, viteza cu care are loc procesul de depunere a stratului și prezența sau
21 absența dopajului. De asemenea, în timpul fazei de eliberare, tensiunile reziduale din siliciul
policristalin sunt afectate de timpul de expunere la agenții de eliberare. Prin controlul acestor
23 factori, tensiunile reziduale din stratul de siliciu policristalin pot fi afectate. Pentru a obține
zona electrostatică de pe brațul microconsolei, un al doilea strat, cuprinzând un metal, de
25 exemplu, aluminiu, este depus utilizând tehnica "*electron beam evaporation*" și cea de
„*lift-off*" pentru a forma, pe brațul de acționare al microconsolei, zona electrostatică a brațului.
27 După cum s-a descris anterior, stratul electrostatic al brațului este format, astfel încât să fie
în mod substanțial deasupra zonei electrostatice a substratului, pentru a maximiza atracția
29 electrostatică dintre cele două plăci. Fabricarea comutatorului este finalizată prin utilizarea
metodelor de eliberare chimică, cunoscute în domeniu, pentru a îndepărta toate straturile de
31 sacrificiu. Wste de remarcat că procedeul menționat, folosește trei straturi de materiale de
sacrificiu și cel puțin două-trei tipuri de metale, pentru a forma electrozii și liniile de
33 transmisie. Într-un alt caz de procedeul, pentru a asigura aderența Au la substrat, se depune
un strat subțire (de preferință de aproximativ 250-500 Å) de titan (Ti), urmat de preferință,
35 de un strat de platină (Pt) cu grosimea de aproximativ 1000 Å și, în final, de un strat de Au.
În cazul unui substrat semiconductor din grupa III-V, un strat subțire, eutectic, de
37 aur-germaniu (AuGe) poate fi mai întâi depus pentru a asigura aderența Au, prin alierea
AuGe în semiconductor, similar unui proces standard de metal ohmic pentru orice grup III-V
39 MESFET sau HEMT. Într-un al treilea caz de procedeul, se utilizează procese de
microprelucrare de suprafață cu trei straturi de polisiliciu, cum ar fi cele oferite de procesele
41 MEMS Multi-User (MUMPSTM) de la Cronos Integrated Microsystems of Research Triangle
Park, N.C.. Pentru a coroda și configura straturile de polisiliciu se folosește tehnica de
43 corodare uscată de tip "*Reactive Ion Etching*" (RIE). Și, în acest caz, se utilizează trei straturi
de materiale de sacrificiu, din material precum oxid de siliciu și sticlă fosfosilicat (PSG -
45 *phosphosilicate glass*). De asemenea, un strat izolator cu grosimea de 0,5 μm de nitruură de
siliciu (Si₃N₄) este depus la începutul proceselor.

47 Un alt exemplu de procedeul de realizare a unei structuri de comutator microelectro-
mecanic este cunoscut dintr-un alt brevet **US 2003/0119221 A1** având titlul "**TRILAYERED**
49 **BEAM MEMS DEVICE AND RELATED METHODS**", inventatori, Shawn Jay Cunningham,
Svetlana Tatic-Lucic, procedeul prin care este realizat un comutator de tip MEMS alcătuit din

RO 127788 B1

trei straturi de material, încastrat la două capete. Procedul poate fi utilizat și pentru realizarea de membrane susținute în patru puncte fixe sau pentru realizarea de plăci rigide suspendate, susținute de microconsole de torsiune, pliate sau desfăcute, precum și pentru alte sisteme de suspensie. Procedul prevede utilizarea, pentru început, a unui substrat, de preferat, o plachetă de Si. Alte materiale utilizate pentru substrat pot fi siliciul de formă monocristalină (*single-crystal*), policristalină (*polycrystalline*), sau amorf, oxinitură de siliciu, sticlă, cuarț, safir, oxid de zinc, alumină, silică, sau materiale din Grupele III-V (precum, GaAs, InP, GaN, AlN, AlGaN, InGaAs, etc.). Oxidul de siliciu, diverse tipuri de sticlă – precum, fosfosilicat (PSG - *phosphosilicate glass*), borosilicat (BSG - *borosilicate glass*), borofosfosilicat (BPSG - *borophosphosilicate glass*) – sau nitruță de siliciu pot fi utilizate ca straturi non-conductive, de izolare electrică, dacă substratul inițial este conductiv sau semi-conductiv. Apoi, un prim strat conductiv, precum aurul sau alt material conductiv, este depus peste un prim strat de sacrificiu și configurat utilizând tehnica de "lift-off". Un al doilea strat de material dielectric este depus conform, peste primul strat conductiv configurat și peste primul strat de material dielectric depus peste substrat. O tehnică de planarizare, cum ar fi planarizarea chimico-mecanică (CMP - *chemical mechanical planarization*) poate fi implementată după depunerea celui de-al doilea strat dielectric pentru a asigura o suprafață plană pentru straturile ulterioare. O alternativă la procedul de planarizare activă este utilizarea unui strat dielectric "spin-on" care se autoplanarizează. Urmează procesul de formare a unui orificiu pentru a plasa următorul strat conductiv peste primul strat conductiv și se realizează al doilea strat conductiv, prin procese de depunere, configurare și corodare. Al doilea strat conductiv este o interconexiune transversală pentru asigurarea unei conexiuni electrice la un alt strat electric. Un al treilea strat dielectric este depus peste al doilea strat dielectric, peste primul strat conductiv și peste al doilea strat conductiv, urmat, eventual, de un proces de planarizare. Urmează un proces pentru extindere a primului strat conductor și a celui de al doilea strat conductor. Se vor forma adâncituri în al treilea strat dielectric, până la straturile anterioare conductive. Un al treilea strat conductiv este depus peste al doilea strat conductiv configurat, peste primul strat conductiv configurat și peste un al treilea strat dielectric, umplând adânciturile anterior formate și, apoi, este configurat. Pentru a forma un prim contact electric staționar, un al doilea contact staționar și un prim electrod staționar se depun, și se configurează un al patrulea strat de material conductiv peste toate structurile de material configurate anterior. Primul strat de sacrificiu, cum ar fi un polimer, un metal, un semiconductor sau un dielectric este, apoi, depus la o grosime uniformă, astfel încât suprafața sa superioară să fie, de preferință, planarizată. Primul strat de sacrificiu definește spațiul între componentele conductive de pe substrat și o microconsolă tristratificată care urmează să fie formată peste acestea. Urmează obținerea unui electrod mobil prin depunerea și configurarea unui strat conductiv, al cincilea, de preferință din aur sau polisiliciu, depus peste stratul de sacrificiu. Primul strat de sacrificiu este configurat și corodat, uscat sau umed, utilizând un al treilea strat dielectric pentru a forma orificii unde microconsola se va fixa de substrat. Primul strat de material structural care va forma microconsola tristratificată este oxidul de siliciu sau, alternativ, utilizând nitruță de siliciu, oxid de aluminiu, polimeri sau oxinitură de siliciu, și este depus peste toate celelalte straturi configurate. Urmează etapa de realizare a primului contact electric mobil, a celui de al doilea contact electric mobil, a următoarelor trei trasee de interconectare, a electrodului de interconectare și a unei conexiuni electrice, prin realizarea de orificii în stratul de material structural și în primul strat de sacrificiu, urmând apoi, depunerea și configurarea unui strat de material conductiv. Dimensiunea electrodului mobil și de interconectare este de 180x350 μm. Procesul final este cel de îndepărtare a stratului de sacrificiu și formarea microconsolei tristratificată. Comutatorul microelectromecanic obținut prin procedul descris este, în mod normal, în poziția "Deschis". Un alt comutator care este, în mod normal, în poziția "Închis", este

RO 127788 B1

1 obținut printr-un procedeu similar. Este de remarcat că etapele de fabricare prezentate sunt
2 costisitoare necesitând numeroase depuneri de straturi de materiale conductive. Un
3 procedeu de fabricare simplificat este descris în continuare, dar care utilizează ca material
4 structural pentru microconsolă, oxidul. Acest procedeu presupune formarea contactului
5 staționar și a electrodului staționar utilizând aceleași etape de proces, depunerea unui strat
6 de sacrificiu și realizarea de orificii pentru picioarele de susținere, formarea electrodului mobil
7 și a contactului mobil prin aceleași procese, depunerea materialului structural și configurarea
8 lui, formarea conexiunilor electrice de la contactul mobil și de la electrodul mobil pe suprafața
9 materialului structural, iar în final îndepărtarea stratului de sacrificiu și obținerea structurii
10 finale.

11 Având în vedere soluțiile cunoscute anterior prezentate, este de remarcat că în
12 realizarea unei structuri de comutator microelectromecanic, este nevoie de o îmbunătățire
13 a izolării electrice și a procedeelor de fabricare, fără a fi necesară o creștere corespun-
14 zătoare a tensiunii de acționare, aspecte pe care prezenta invenție le îmbunătățește.

15 Soluțiile cunoscute din stadiul tehnicii prezintă ca dezavantaj utilizarea de tehnici și
16 procedee costisitoare, precum folosirea corodării uscate, față de corodarea umedă, folosită
17 în cadrul prezentei invenții, fiind mult mai accesibilă și generând costuri reduse. Un alt
18 dezavantaj al soluțiilor cunoscute este utilizarea de mai multe straturi de materiale de
19 sacrificiu (de exemplu, trei straturi de sacrificiu și două materiale diferite de sacrificiu în
20 cadrul aceluiași procedeu, prin depuneri și configurări realizate prin tehnici separate), față
21 de un singur strat de material de sacrificiu utilizat în prezenta invenție, simplificând astfel
22 etapele și procedeele de fabricare.

23 Soluțiile cunoscute prezintă, totodată, dezavantajul depunerii în strat gros al
24 substraturilor utilizate, inclusiv al stratului de metal (Au) depus, care este de cea 1 μm, sau
25 mai mare în unele cazuri, sau depunerea de metale scumpe, precum Pt sau AuGe, ceea ce
26 presupune, în final, costuri ridicate de realizare a structurii. Un alt dezavantaj al soluțiilor
27 cunoscute este utilizarea Si₃N₄ sau al polisiliciului care sunt materiale costisitoare, atât din
28 punct de vedere al procedeei de depunere și configurare, cât și din punct de vedere al
29 materiei prime.

30 Prezenta invenție înlătură dezavantajele stadiului tehnicii, prin aceea că procedeele
31 de corodare folosite sunt corodarea umedă, depunerile se fac în straturi subțiri, de ordinul
32 nano, fapt care conduce – și prin utilizarea, la fel ca în cazul soluțiilor cunoscute, a unui
33 număr minimal, optimizat de măști, cinci la număr – la costuri reduse privind procedeele de
34 realizare a structurii de comutator microelectromecanic, care, în plus, prezintă avantajul
35 folosirii unui strat de polimer flexibil, ceea ce îi asigură și o acuratețe crescută în procesul de
36 fabricație, eliminând riscul de rupere a structurii sau de afectare a continuității traseelor
37 electrice. De asemenea, produsul finit obținut, structura de comutator microelectromecanic,
38 prezintă mai multe avantaje cu privire la modul în care se face acționarea structurii, în sensul
39 că realizarea contactului și menținerea lui necesită un consum energetic extrem de redus de
40 la o sursă de tensiune electrică, externă. În plus, structura de comutator microelectromecanic
41 obținută prezintă avantajul eliminării apariției unui scurt-circuit între electrozii, polarizați
42 electric, ai structurii.

43 Se prezintă, în continuare, procedeele de realizare a unei structuri de comutator micro-
44 electromecanic, conform invenției, precum și structura de comutator microelectromecanic
45 obținută, prezentate în legătură cu figurile fig. 1A...1S, și respectiv, fig. 2A și fig. 2B care
46 reprezintă:

47 - fig. 1A, etapa de curățire plachete de Si cu rol de substrat al structurii de tip micro-
switch;

RO 127788 B1

- fig. 1B, etapa de oxidare termică a plachetei de Si și obținere strat izolator, dielectric de tip SiO ₂ , cu grosimea de cel puțin 100 nm;	1
- fig. 1C, etapa de depunere fotorezist de tip AZ 5214 și expunere folosind o primă mască;	3
- fig. 1D, etapa de dezvoltare fotorezist de tip AZ 5214 și depunere metal Cr/Au cu grosimile 20/200 nm;	5
- fig. 1E, etapa de configurare metal prin tehnica de lift-off și obținere a unui electrod fix, precum și a unor trasee electrice sau electrozi;	7
- fig. 1F, etapa de depunere strat sacrificiu din polimer de tip LOR, cu grosimea de 2 μm;	9
- fig. 1G, etapa de depunere fotorezist, de tip AZ 5214 și expunere folosind o a doua mască (8);	11
- fig. 1H, etapa de dezvoltare fotorezist de tip AZ 5214 și strat sacrificiu din polimer de tip LOR pentru obținere orificiu, unde se va forma elementul de ancorare al micro-switch-ului;	13
- fig. 1I, etapa de depunere fotorezist de tip AZ 5214 și expunere folosind o a treia mască pentru depunere metal;	15
- fig. 1J, etapa de depunere metal Cr/Au cu grosimile 20/200 nm;	17
- fig. 1K, etapa de configurare metal Cr/Au prin tehnica de lift-off și obținerea electrodului contactor;	19
- fig. 1L, etapa de depunere fotorezist din polimer fotosensibil de tip SU-8, cu grosimea de 4 μm;	21
- fig. 1M, etapa de fotogravură utilizând o a patra mască pentru obținerea unui element tip microconsolă;	23
- fig. 1N, etapa de depunere fotorezist, de tip AZ5214 și fotogravură utilizând o a cincea mască;	25
- fig. 1O, etapa de depunere metal de tip Cr/Au cu grosimile 20/200 nm;	27
- fig. 1P, etapa de configurare metal prin tehnica de lift-off și obținerea unui element metalic având rol de electrod mobil.	29
- fig. 1R, etapa de dezvoltare fotorezist din polimer fotosensibil de tip SU-8 și obținerea elementului tip microconsolă;	31
- fig. 1S, etapa de îndepărtare strat sacrificiu din polimer de tip LOR cu eliberarea micro-switch-ului, ce configurează partea suspendată a acestuia;	33
- fig. 2A, vedere laterală a dispozitivului de tip micro-switch;	35
- fig. 2B, vedere schematică, de sus, reprezentând partea superioară a substratului (planul XY), cu detaliu încercuit cu linii întrerupte pe electrozii de jos, de pe substrat.	35
În continuare, se prezintă procedeul de realizare a unei structuri de comutator microelectromecanic, conform invenției, în care sunt evidențiate următoarele etape ale fluxului tehnologic:	37
(i) curățire plachetă 1 , de Si, având rol de substrat a pentru structura de tip micro-switch;	39
(ii) oxidare termică a plachetei 1 , de Si, cu obținerea unui strat izolator b , reprezentând un dielectric 2 , de tip SiO ₂ , și având o grosime de cel puțin 100 nm;	41
(iii) depunere strat fotorezist 3 de tip AZ5214 și expunere folosind o primă mască "M1" 4 ;	43
(iv) dezvoltare strat fotorezist 3 de tip AZ5214 și depunere strat metalic 5 , de Cr/Au, cu grosimile 20/200 nm;	45

RO 127788 B1

1 (v) configurare strat metalic **5** prin tehnica de lift-off și obținerea unui electrod **c**, fix,
și a unor trasee electrice **d** și **e**;

3 (vi) depunere strat de sacrificiu **6**, din polimer de tip LOR, cu grosimea de 2 μm;
(vii) depunere strat de fotorezist **7** de tip AZ5214 și expunere folosind o a doua mască
5 "M2" **8**;

(viii) dezvoltare strat fotorezist **7** de tip AZ5214 și strat de sacrificiu **6**, din polimer de
7 tip LOR, pentru obținerea unui orificiu necesar formării unui element **i**, având rol de ancorare,
destinat structurii de tip micro-switch;

9 (ix) depunere strat fotorezist **9** de tip AZ5214 și expunere folosind o a treia mască
"M3" **10** pentru depunere metal;

11 (x) depunere strat metalic **11**, de Cr/Au, cu grosimile 20/200 nm;
(xi) configurare strat metalic **11**, de Cr/Au, prin tehnica de lift-off, cu obținerea unui
13 electrod **f** de tip contactor;

(xii) depunere strat fotorezist **12** din polimer fotosensibil de tip SU-8, cu grosimea de
15 4 μm și realizare fotogravură utilizând o a patra mască "M4" **13** în vederea obținerii unui
element **g**, tip microconsolă;

17 (xiii) depunere strat de fotorezist **14** de tip AZ 5214 și realizare fotogravură, utilizând
o a cincea mască "M5" **15**;

19 (xiv) depunere strat metalic **16**, de Cr/Au, cu grosimile 20/200 nm;
(xv) configurare strat metalic **16**, de Cr/Au, prin tehnica de lift-off și obținerea unui
21 element metalic **h**, având rol de electrod mobil.

(xvi) dezvoltare strat fotorezist **12** din polimer fotosensibil de tip SU-8 și obținere
23 element **g**, tip microconsolă;

(xvii) îndepărtare strat de sacrificiu **6**, din polimer de tip LOR, cu eliberarea unui
25 element **j**, de tip suspendat, obținut în cadrul structurii de tip micro-switch.

Se prezintă, în continuare, în detaliu, procedeul tehnologic de realizare a unei
27 structuri de comutator microelectromecanic de tip micro-switch, procedeul tehnologic care
include microprelucrarea de suprafață utilizând un strat de sacrificiu realizat cu un polimer
29 de tip LOR, ce se folosește împreună cu un fotorezist ce nu își modifică starea sub influența
luminii ultraviolete folosită în litografie, ci doar are altă rată de dezvoltare comparativ cu cea
31 a fotorezistului (a se vedea: "**MICROCHEM PROCESSING GUIDELINES FOR LOR LIFT-
OFF RESISTS**"). Pentru realizarea unei structuri de comutator microelectromecanic de tip
33 micro-switch se utilizează un substrat **a** constând într-o plachetă **1** de Si cu orientarea
cristalografică <111>, aleasă întrucât această orientare cristalină a siliciului prezintă o densi-
35 tate mai mare de atomi, ceea ce determină o oxidare mai rapidă a Si, precum și o rezistență
crescută la acțiunea corozivă a mediului extern. Pentru substratul **a** se poate folosi, de
37 asemenea, orice alt material dielectric. Electrocul **c**, fix, electrocul **h**, mobil, traseele electrice
d și **e**, de contact, și electrocul **f** de tip contactor electric, având rol de decuplare, au fost
39 creați, în etape diferite, folosind aceeași tehnică de procesare, numită în literatura de
specialitate, tehnica de *lift-off*, care constă în depunerea fotorezistului specific, expunerea
41 la lumina ultravioletă prin masca de crom corespunzătoare fiecărui electrod, dezvoltarea
fotorezistului, urmată de depunerea straturilor de Cr și Au, și înlăturarea stratului de fotorezist
43 odată cu zonele nedorite de metal. Electrocul de sub cantilever – electrocul **f** de tip contactor
electric – realizat prin depunere de metal Cr/Au se formează la vârful elementului **g** de tip
45 cantilever/microconsolă. Electrocul **h**, mobil, (superior) pornește deasupra structurii de
ancorare – elementul **g** de tip cantilever/microconsolă și se extinde de-a lungul cantileverului
47 pentru a se termina deasupra electrocului **f** de sub cantilever și deasupra liniei metalice de

RO 127788 B1

semnal RF – traseele electrice **d** și **e**, cu rol de electrozi. Electroful **h**, mobil, elementului **g** de tip cantilever/microconsolă și linia metalică de semnal RF (traseele electrice **d** și **e**, cu rol de electrozi) formează o structură de condensator. Ca o opțiune de îmbunătățire a funcției de acționare a comutatorului (micro-switch), structura de condensator include și un electrod suplimentar, electrodul **f** pentru deschiderea comutatorului, care se poziționează între ancora cantileverului, respectiv elementul **g** de tip microconsolă și liniile metalice de semnal RF (traseele electrice **d** și **e** cu rol de electrozi).

În timpul funcționării, comutatorul astfel descris este, în mod normal, în poziția "Deschis". Cu comutatorul în starea *off-line*, linia metalică de semnal – traseele electrice **d** și **e**, cu rol de electrozi – este un circuit deschis din cauza separării dintre cantilever și liniile metalice de semnal și a distanței dintre liniile metalice de semnal (distanța dintre traseele electrice **d** și **e**, cu rol de electrozi). Comutatorul este acționat pe poziția "Închis", prin aplicarea unei tensiuni pe electrodul **h**, mobil (superior), și prin izolarea acestuia, prin grosimea cantileverului, și distanța până la liniile metalice de semnal RF, forțele electrostatice realizate cu electrodul **c**, fix, atrag electrodul **h**, mobil (superior) și, respectiv, cantileverul și electrodul **f**, inferior, spre partea inferioară, spre liniile de semnal, așa cum este indicat de săgețile verticale și cauzează contactul între traseele electrice **d** și **e**, cu rol de electrozi.

Fluxul tehnologic de realizare a dispozitivelor de tip micro-switch

În cadrul fluxului tehnologic de realizare a structurii de comutator microelectromecanic de tip micro-switch se utilizează cinci măști de configurare, dintre care o primă mască "M1" **4** pentru configurarea electrodului **c**, fix, și a traseelor electrice **d** și **e**, fixe, de pe substrat **a**, pe care este depus un strat izolator **b** electric, o a doua mască "M2" **8** pentru configurarea deschiderii pentru realizarea piciorului de susținere a micro-switch-ului, o a treia mască "M3" **10** pentru configurarea electrodului **f** de tip contactor electric, de sub structura de tip micro-switch, o a patra mască "M4" **13** pentru configurarea stratului structural reprezentând elementul **g** de tip microconsolă, realizat din polimer fotosensibil de tip SU-8 și o a cincea și ultima mască "M5" **15** pentru configurarea electrodului **h**, metalic, mobil, de deasupra structurii de comutator microelectromecanic de tip micro-switch.

Plachetele **1** de Si au fost curățate chimic de impurități organice și anorganice, urmate de îndepărtarea oxidului nativ și apoi au fost oxidate termic în domeniul de temperatură 1100 °C ÷ 1200 °C, timp de 240 min, în atmosferă de azot și în amestec oxidant. Filmul de oxid de siliciu crescut asigură, astfel, o izolare corespunzătoare a electrozilor, atât între ei, cât și față de substratul **a**. Creșterea inițială a unui oxid termic în regim uscat (atmosferă de azot) la temperatură înaltă asigură formarea unui oxid dens care acționează ca un strat barieră și care blochează pătrunderea ionilor alcalini sau a altor impurități și îmbunătățește proprietățile de străpungere ale oxidului. Impermeabilitatea la impurități este asigurată și de grosimea stratului de oxid crescut. Se pot utiliza, ca substrat **a**, și plachete **1** de Si cu rezistivitatea foarte mare care asigură proprietatea de substrat dielectric. În acest caz, pasul ce cuprinde oxidarea termică este neglijat.

Peste oxid, reprezentând stratul dielectric, se depune fotorezistul de tip AZ 5214 cu grosimea de minim 1 micron (stratul de fotorezist trebuie să fie de cel puțin cinci ori mai gros decât stratul de metal pentru a avea o procedură reușită de *lift-off*), se expune prin masca "M1" **4**, urmat de dezvoltarea fotorezistului și curățare în apă deionizată urmată de uscare sub jet de azot. Următorul pas este depunerea unidirecțională, într-o singură încărcare, într-o incintă vidată, a straturilor metalice Cr/Au cu dimensiunile de 20 nm și, respectiv, 200 nm. Rolul Cr în aceste depuneri este de îmbunătățire a aderenței Au la stratul de oxid de siliciu. Metalul este prezent pe toată suprafața plachetei, dar este întrerupt datorită diferenței de

RO 127788 B1

1 înălțime între stratul compus din fotorezist și metal, față de cel exclusiv metalic. Procedura
de *lift-off* constă în îndepărtarea fotorezistului nedezvoltat, cu o soluție de îndepărtare
3 fotorezist – de exemplu, *Remover PG*: N-metil-2-pirolidina – a se vedea: "**SAFETY DATA
SHEET REMOVER PG**" – și, în același timp, a metalului prezent pe stratul de fotorezist.
5 Pentru îndepărtarea urmelor de *Remover PG* se curăță cu alcool izopropilic, într-o baie
ultrasonică cu vibrații medii (40 kHz) și apoi, în apă deionizată, urmată de uscare sub jet de
7 azot, operațiune foarte necesară pentru o bună adeziune a stratului următor.

Pentru formarea piciorului de susținere a structurii de comutator microelectromecanic
9 de tip micro-switch se depune un strat de sacrificiu **30B** de tip LOR și un strat de fotorezist
de tip AZ 5214 și se expune folosind masca "M2" **8** urmată de dezvoltarea fotorezistului de
11 tip AZ 5214 și a stratului de sacrificiu de tip LOR, pentru formarea unui orificiu în stratul de
sacrificiu **30B** de tip LOR care va fi, ulterior, umplut cu un strat din polimer fotosensibil de tip
13 SU-8 pentru formarea microconsolei din polimer fotosensibil de tip SU-8.

Stratul de sacrificiu **30B** de tip LOR se depune cu o pipetă – 6 ml – în mijlocul
15 plachetei **1** de Si și pentru obținerea unui strat de sacrificiu **30B** de tip LOR, uniform, de 2 μm
grosime, se programează *spinner*-ul în trei trepte: prima, în care să se rotească cu 300 rpm,
17 pentru 10 s, cu accelerația de 100 rpm/s, a doua, cu 900 rpm, pentru 10 s, cu accelerația de
300 rpm/s și a treia cu 1500 rpm, pentru 60 s, cu accelerația de 500 rpm/s. Se lasă placheta
19 pentru relaxarea filmului, 1 min, pe o suprafață plană. Pentru începerea polimerizării polime-
rului de tip LOR, se face un tratament termic, pe o plită, în două trepte de temperatură, prima
21 treaptă la 130 °C pentru 3 min, urmată de scăderea, la temperatura de 110 °C, pentru 1 min,
după ce plita se stabilizează la a doua valoare de temperatură. Placheta **1** de Si se lasă să
23 se răcească la temperatura camerei înainte de depunerea fotorezistului de tip AZ 5214.

Se urmează același protocol ca și cel descris mai sus pentru procedura de *lift-off*
25 pentru electrodul de sub cantilever, folosind masca "M3" **10**, dar datorită polimerului de tip
LOR, se folosește o soluție de dezvoltare de patru ori mai diluată, precum este și cea pentru
27 îndepărtare fotorezist. Se depune un strat de Cr/Au de 20/200 nm. Pentru uscarea plachetei
1 de Si și îndepărtarea urmelor de solvent, se tratează termic, pe o plită, placheta **1** de Si cu
29 straturile depuse, la temperatura de 110 °C, pentru 5 min, după care se lasă să se răcească,
la temperatura camerei, înainte de depunerea următorului strat, de 4 μm de polimer
31 fotosensibil de tip SU-8.

Pentru formarea microconsolei din polimer fotosensibil de tip SU-8, se depune 1ml
33 de rezist pentru fiecare 2,54 cm (1 inch), deci pentru o plachetă de 7,62 cm (3 inch), se pun,
cu o pipetă, în mijlocul plachetei, 3 ml de rezist, iar pentru obținerea a 4 μm de polimer foto-
35 sensibil de tip SU-8 se programează *spinner*-ul în două trepte: prima, să se rotească cu 500
rpm pentru 10 s cu accelerația de 100 rpm/s, a doua, 4000 rpm pentru 30 s cu accelerația
37 de 300 rpm/s. Se lasă placheta, pentru relaxarea filmului, 1 min, pe o suprafață plană. Înainte
de expunere, se face un tratament termic pe o plită, în două trepte de temperatură: prima
39 treaptă la 65 °C pentru 1 min, urmat de ridicarea la temperatura de 90 °C pentru, 1 min, după
ce plita se stabilizează la a doua treaptă de temperatură. Placheta se lasă să se răcească,
41 la temperatura camerei, înainte de expunere. Se expune prin masca "M4" **13** și se develo-
pează fotorezistul prin imersie în dezvoltant recomandat de fabricant (1-metoxi-2-propil
43 acetat) urmat de o clătire cu alcool izopropilic și spălare în apă deionizantă. Clătirea în alcool
izopropilic va releva zonele nedezvoltate ale filmului neexpus prin apariția unei pelicule
45 albicioase în acele zone. În acest caz, se recomandă reluarea procesului de dezvoltare
până la dispariția acelor zone și apoi spălarea plachetei, în apa deionizată, urmată de
47 uscarea sub jet de azot. Trebuie menționat că toate procesele de depunere, dezvoltare și

RO 127788 B1

spălare se vor face într-o hotă specială cu aspirație datorită volatilității substanțelor chimice folosite. Se efectuează un tratament termic în aer, într-o hotă, la 100 °C, pentru 30 min, pentru întărirea și îmbunătățirea proprietăților mecanice ale polimerului fotosensibil de tip SU-8 și se lasă să se răcească la temperatura camerei. Precizăm că soluțiile folosite pentru dezvoltarea polimerului fotosensibil de tip SU-8, nu atacă polimerul de tip LOR.

Se repetă procedeul de lift-off pentru electrodul mobil de deasupra microconsolei folosind masca "M5" **15** cu aceleași precauții ca și pentru electrodul mobil de sub microconsola din polimer fotosensibil de tip SU-8, cu depunere de metal, Cr/Au, de grosimi 20/200 nm.

Pasul final este eliberarea micro-switch-ului sau microcomutatorului, prin îndepărtarea stratului de sacrificiu de tip LOR în soluție de îndepărtare fotorezist – de exemplu, Remover PG: N-metil-2-pirolidină; a se vedea: "**SAFETY DATA SHEET REMOVER PG**" – într-o baie ultrasonică cu vibrații mici (20 kHz) pentru protejarea dispozitivelor de tip micro-switch, pentru 10 min și, apoi, curățare în apă deionizată, urmată de uscare în atmosferă de azot.

Structura de comutator microelectromecanic

Conform invenției, structura de comutator microelectromecanic, obținută prin aplicarea procedurii, se prezintă sub forma unui dispozitiv de tip micro-switch ce este compus, conform fig.2, dintr-un substrat **a**, de Si, pe care este depus un strat izolator **b**, reprezentând un dielectric **2**, de tip SiO₂, pe care sunt configurate un electrod **c**, fix, care reprezintă o armatură a condensatorului/părții de actuație a micro-switch-ului și respectiv niște elemente metalice având rolul unor trasee electrice **d** și **e** sau electrozi, care se vor conecta electric, prin contact ohmic, cu ajutorul unui element **f** de tip contactor electric care este atașat sub căpătul liber al unui element **g**, tip microconsolă, din polimer fotosensibil de tip SU-8 care este fixat, la capătul său fix, de un element **i**, cu rol de ancorare, pe stratul izolator **b**, de SiO₂, aflat pe substratul **a**, de Si, și care, pe partea superioară, respectiv de sus, are configurat un element metalic, având rol de electrod **h**, de tip mobil, care formează, respectiv, armatura mobilă a condensatorului electric și care acționează micro-switch-ul prin intermediul forțelor electrostatice care se exercită între electrodul **h**, de tip mobil, și electrodul **c**, fix, când între cele două armături – reprezentând electrodul **h**, de tip mobil și electrodul **c**, fix – se aplică o diferență de potențial electric. Condensatorul electric este format din armatura fixă, respectiv electrodul **c**, fix, și armatura mobilă respectiv electrodul **h**, de tip mobil, și care reprezintă armăturile plan paralele când condensatorul este în starea inițială (neacțuat), iar dielectricul dintre armături este compus, parțial, dintr-un polimer fotosensibil de tip SU-8 și, în completare, din aer (spațiul liber dintre elementul **g**, tip microconsolă și armatura fixă, respectiv electrodul **c**, fix). Partea liberă a micro-switch-ului, respectiv elementul **j**, de tip suspendat, este formată din elementul **f** de tip contactor electric, din elementul **g**, tip microconsolă, din elementul **i**, având rol de ancorare, constând din stratul de fotorezist realizat pe bază de polimer fotosensibil SU-8 și din elementul metalic, cu rol de electrod **h** mobil.

Modul în care se face acționarea dispozitivului are avantajul că realizarea contactului și menținerea lui necesită un consum energetic extrem de redus de la o sursă de tensiune electrică. Practic, este vorba de un condensator în care una dintre armături este mobilă, respectiv elementul metalic cu rol de electrod **h** mobil, astfel încât curentul electric este absorbit din sursa de tensiune electrică, doar în intervalul de regim tranzitoriu, și prin pierderi în dielectric, respectiv polimerul fotosensibil de tip SU-8 și aerul. Proiectarea dispozitivului s-a făcut în sensul reducerii valorii tensiunii electrice de acționare și micșorării timpului de răspuns. Reducerea tensiunii electrice de acționare se face prin alegerea pentru structura mecanică mobilă reprezentând elementul **g**, tip microconsolă, a unui material cu constantă

RO 127788 B1

1 de elasticitate cât mai mică, fără a sacrifica rezistența mecanică a materialului structurii
mobile. În acest scop, structura mecanică mobilă reprezentând elementul **g**, tip microcon-
3 solă, este realizată din polimer fotosensibil de tip SU-8, care, în general, este folosit în
industria microelectronicii ca fotorezist negativ în realizarea dispozitivelor semiconductoare.
5 Acest material a fost ales datorită proprietăților sale mecanice și electrice, precum și a
versatilității compoziției materialului și a tehnicilor de micro-prelucrare utilizate. Deși metoda
7 de folosire a polimerului fotosensibil de tip SU-8 este specificată în instrucțiunile firmei
producătoare, este știut faptul că polimerul fotosensibil de tip SU-8 este foarte sensibil la
9 parametrii de procesare. Prin urmare, este necesară o optimizare a procesului pentru con-
dițiile de mediu, iar echipamentul, folosit efectiv la procesare, trebuie adaptat proiectului și
11 dimensiunilor structurale ale dispozitivului. Din punct de vedere mecanic, polimerul
fotosensibil de tip SU-8 prezintă un modul de elasticitate mic ($E \sim 4\text{GPa}$) și este suficient de
13 rezistent din punct de vedere mecanic (rupere la o tensiune mecanică de întindere de 34
MPa). A se vedea: **FENG, R. ET AL. "THE CHARACTERIZATION OF THERMAL AND**
15 **ELASTIC CONSTANTS FOR AN EPOXY PHOTORESIST SU8 COATING", JOURNAL OF**
MATERIALS SCIENCE VOL. 37, 2012, PP 4793. Valoarea modulului de elasticitate, E , este
17 mică în comparație cu a altor materiale (siliciu, polisiliciu, oxid de siliciu, metale) folosite în
construcția unor dispozitive similare, care au valori ale modulului de elasticitate, E , de ordinul
19 zecilor sau sutelor de GPa. În construcția dispozitivului mai intră și straturi metalice (cu rol
electric), dar care au o grosime mult mai mică, decât a părții de structură mecanică, astfel
21 încât nu afectează elasticitatea acesteia. Un avantaj al dispozitivului prezentat este elimi-
narea posibilității apariției unui scurt-circuit între electrozii polarizați electric.

23 Față de alte dispozitive similare, elementul metalic care formează electrodul **h**, mobil,
este deplasat pe fața superioară a elementului **g**, tip microconsolă, fiind izolat de electrodul **c**,
25 fix, aflat pe substrat, de însuși materialul structural al elementului **g**, tip microconsolă, realizat
dintr-un polimer fotosensibil de tip SU-8, care este dielectric. Faptul că între cei doi electrozi
27 – elementul metalic, cu rol de electrod **h** mobil, și electrodul **c**, fix – există acest material
dielectric cu permitivitatea electrică relativă $\mu_r = 3$, intensifică suplimentar câmpul electro-
29 static în zona dintre electrozi, măbind și forța de atracție. Reducerea tensiunii electrice de
acționare a dispozitivului este realizată și prin proiectarea dimensională, care s-a făcut cu
31 ajutorul simulărilor numerice. Structura optimizată are lungimea microconsolei de 400 μm ,
iar lățimea de 80 μm . Astfel, tensiunea electrică necesară realizării contactului pentru
33 dispozitivul prezentat este de numai 3V. În practică, aceasta poate fi mărită până la 5V,
pentru realizarea unui contact ferm și pentru reducerea suplimentară a timpului de răspuns,
35 păstrând compatibilitatea cu tensiunea electrică a dispozitivelor electronice de tip TTL, cu
care poate fi integrat.

RO 127788 B1

Revendicări

	1
1. Procedeu de realizare a unei structuri de comutator microelectromecanic caracterizat prin aceea că se realizează în următoarele etape succesive:	3
(i) curățire plachetă (1), de Si, având rol de substrat (a) pentru structura de comutator microelectromecanic;	5
(ii) oxidare termică a plachetei (1), de Si, cu obținerea unui strat izolator (b), reprezentând un dielectric (2), de tip SiO ₂ , și având o grosime de cel puțin 100 nm;	7
(iii) depunere strat de fotorezist (3) de tip AZ5214 și expunere folosind o primă mască "M1" (4);	9
(iv) dezvoltare strat de fotorezist (3) de tip AZ5214 și depunere strat metalic (5), de Cr/Au, cu grosimile 20/200 nm;	11
(v) configurare strat de metal (5) prin tehnica de <i>lift-off</i> și obținerea unui electrod (c), fix, și a unor trasee electrice (d, e);	13
(vi) depunere strat de sacrificiu (6), din polimer de tip LOR, cu grosimea de 2 μm;	15
(vii) depunere strat de fotorezist (7) de tip AZ5214 și expunere folosind o a doua mască "M2" (8);	17
(viii) dezvoltare strat de fotorezist (7) de tip AZ5214 și strat de sacrificiu (6), din polimer de tip LOR, pentru obținerea unui orificiu necesar formării unui element (i) de ancorare;	19
(ix) depunere strat de fotorezist (9) de tip AZ5214 și expunere folosind o a treia mască "M3" (10) pentru depunere metal;	21
(x) depunere strat de metal (11), de Cr/Au, cu grosimile 20/200 nm;	23
(xi) configurare strat de metal (11), de Cr/Au, prin tehnica de <i>lift-off</i> , cu obținerea unui electrod (f) de tip contactor;	25
(xii) depunere strat de fotorezist (12) din polimer fotosensibil de tip SU-8, cu grosimea de 4 μm și realizare fotogravură utilizând o a patra mască "M4" (13) în vederea obținerii unui element (g) de tip microconsolă;	27
(xiii) depunere strat de fotorezist (14) de tip AZ5214 și realizare fotogravură, utilizând o a cincea mască "M5" (15);	29
(xiv) depunere strat de metal (16), de Cr/Au, cu grosimile 20/200 nm;	31
(xv) configurare strat de metal (16), de Cr/Au, prin tehnica de <i>lift-off</i> și obținerea unui electrod (h) de tip mobil;	33
(xvi) dezvoltare strat de fotorezist (12) din polimer fotosensibil de tip SU-8 și obținere element (g) de tip microconsolă;	35
(xvii) îndepărtare strat de sacrificiu (6), din polimer de tip LOR, cu eliberarea unui element (j) de tip suspendat.	37
2. Structură de comutator microelectromecanic obținută prin procedeul de la revendicarea 1 caracterizată prin aceea că înglobează un strat de metal (16), de Cr/Au, cu grosimile 20/200 nm.	39



Fig. 1A

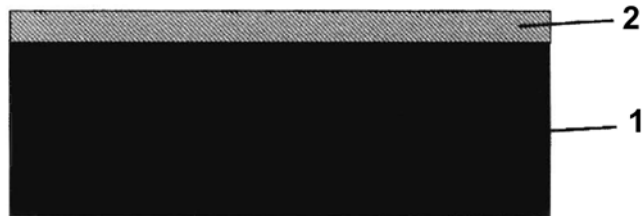


Fig. 1B

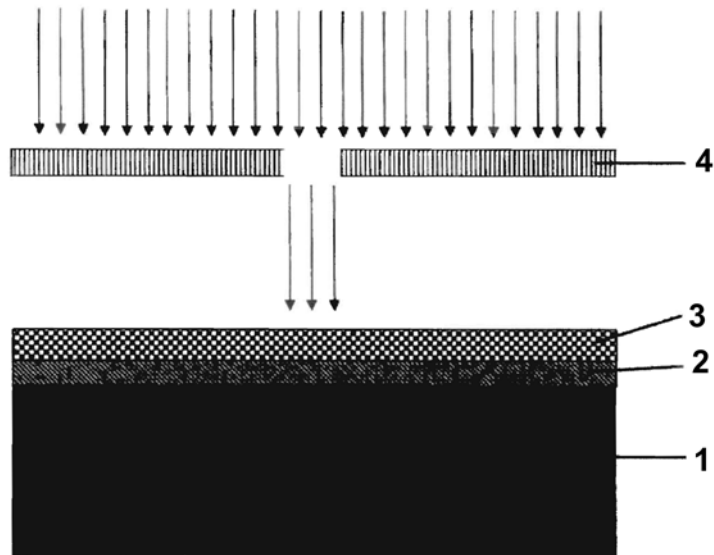


Fig. 1C

(51) Int.Cl.

H01H 59/00 (2006.01);

H01P 1/10 (2006.01)

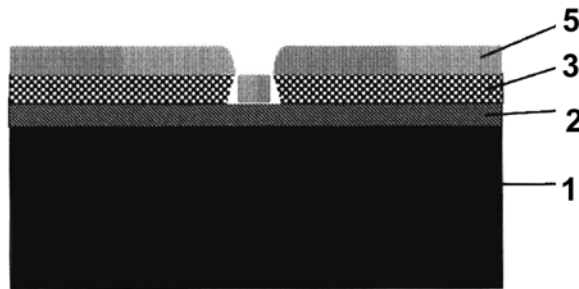


Fig. 1D

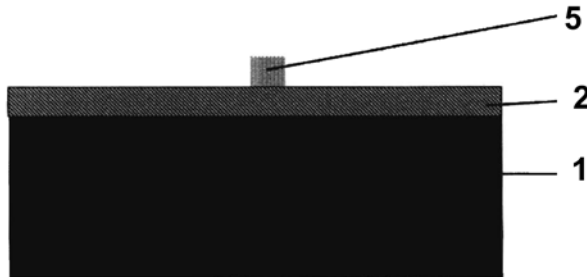


Fig. 1E

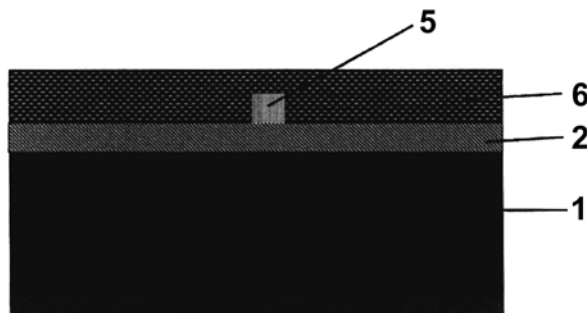


Fig. 1F

(51) Int.Cl.

H01H 59/00 (2006.01);

H01P 1/10 (2006.01)

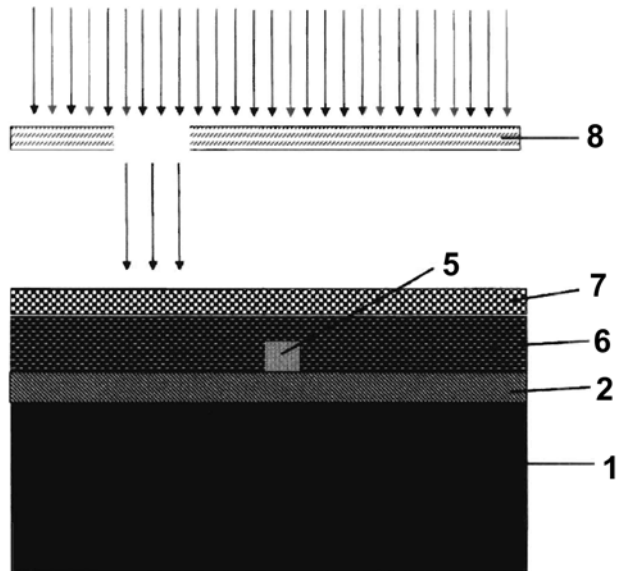


Fig. 1G

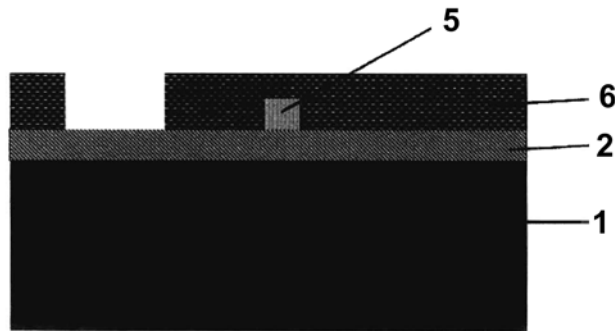


Fig. 1H

(51) Int.Cl.

H01H 59/00 (2006.01);

H01P 1/10 (2006.01)

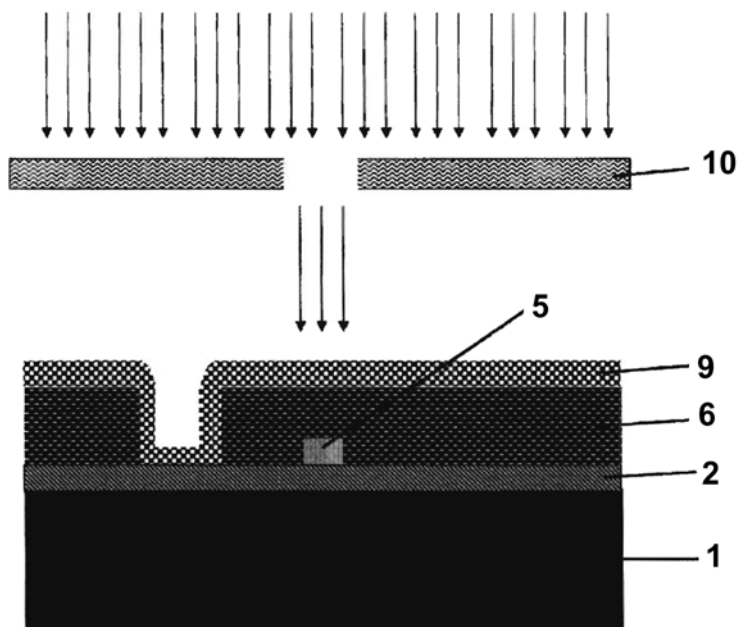


Fig. 1I

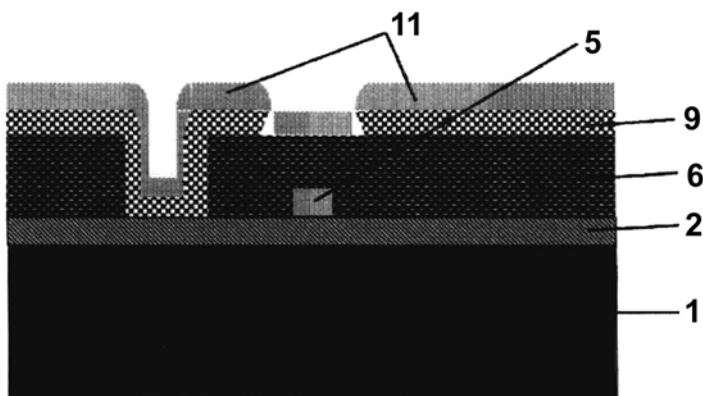


Fig. 1J

(51) Int.Cl.

H01H 59/00 (2006.01);

H01P 1/10 (2006.01)

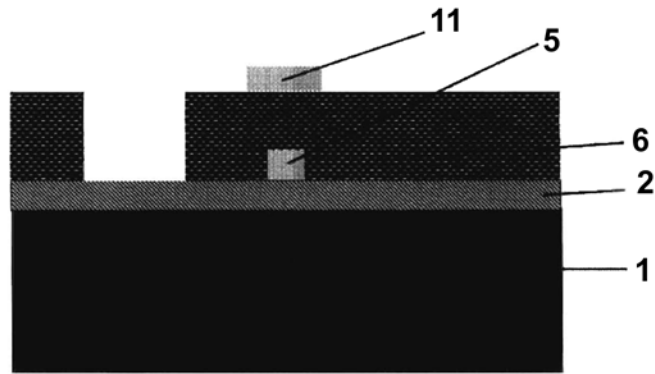


Fig. 1K

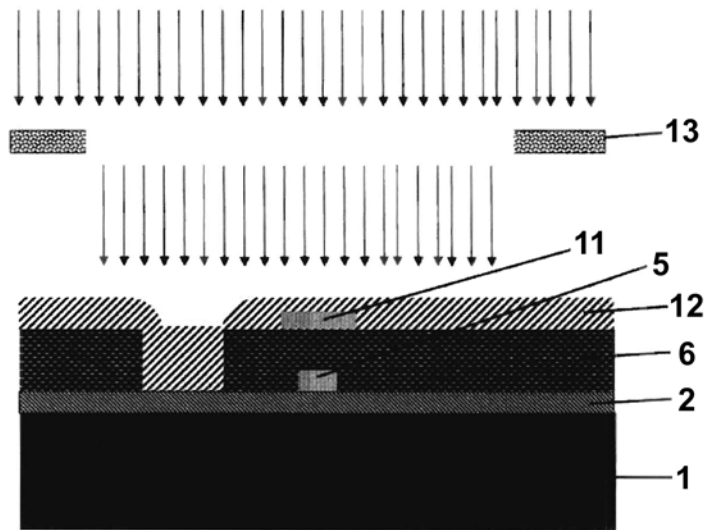


Fig. 1L

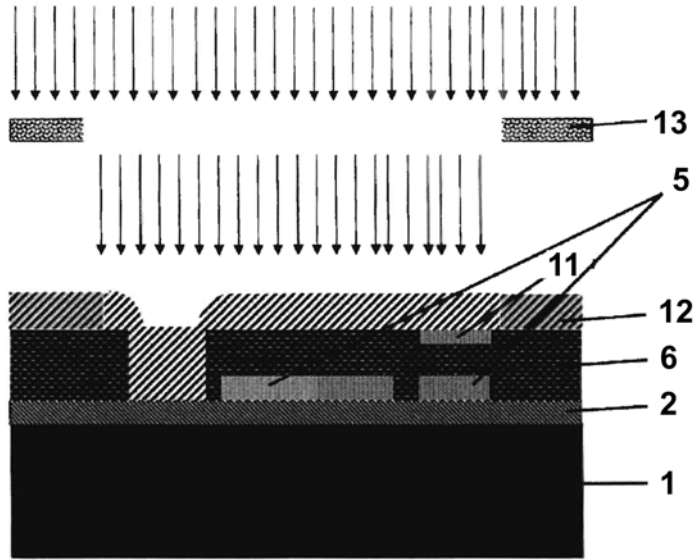


Fig. 1M

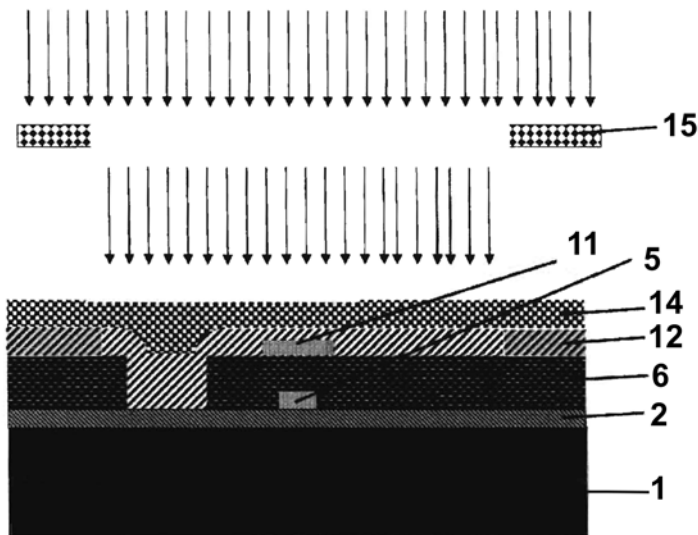


Fig. 1N

(51) Int.Cl.

H01H 59/00 (2006.01);

H01P 1/10 (2006.01)

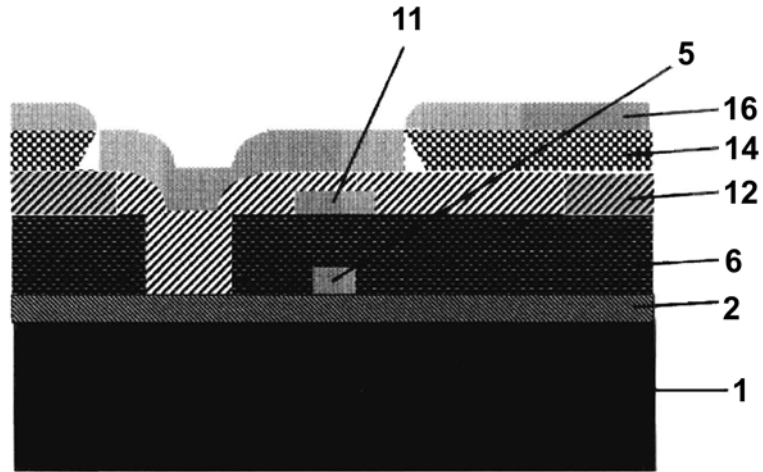


Fig. 10

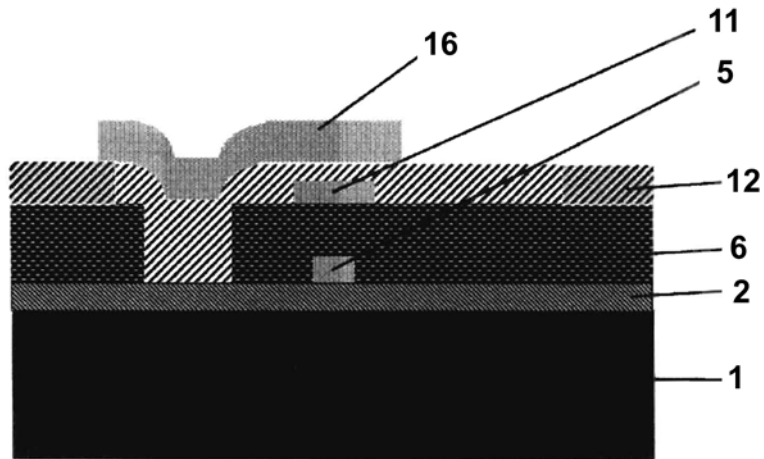


Fig. 1P

(51) Int.Cl.

H01H 59/00 (2006.01);

H01P 1/10 (2006.01)

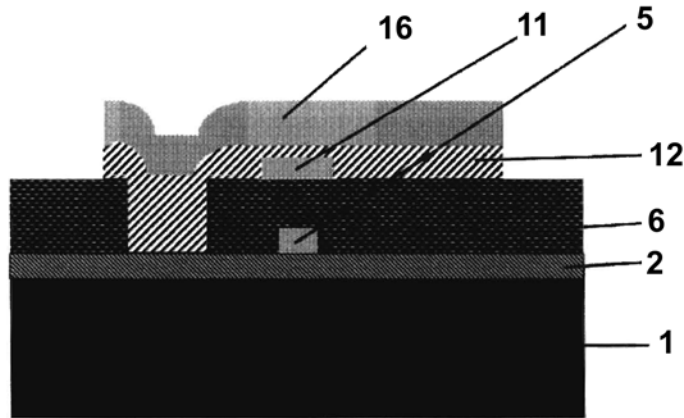


Fig. 1R

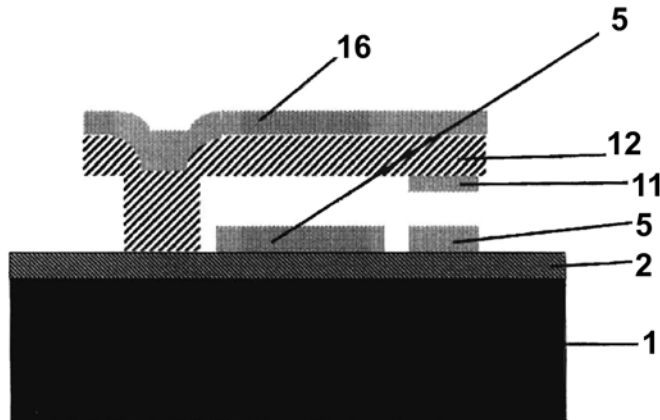


Fig. 1S

	SiO ₂ (2)		M3 (10)
	AZ (3, 7, 9, 14)		SU-8 (12)
	M1 (4)		M4 (13)
	Cr/Au (5, 11, 16)		M5 (15)
	LOR (6)		

Fig. 1T

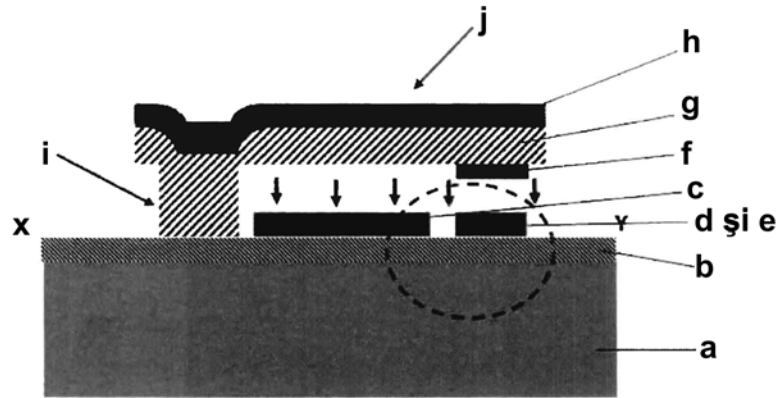


Fig. 2A

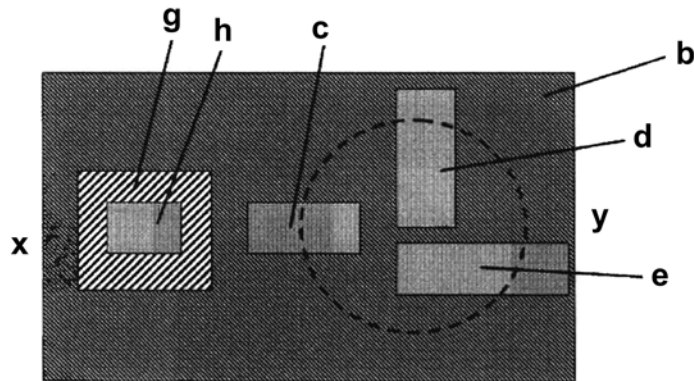


Fig. 2B

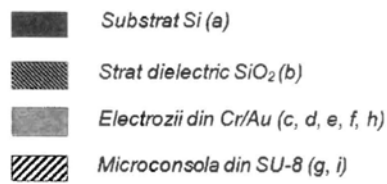


Fig. 2C

