



(12) **BREVET DE INVENȚIE**

Hotărârea de acordare a brevetului de invenție poate fi revocată
în termen de 6 luni de la data publicării

(21) Nr. cerere: **a 2001 00582**

(22) Data de depozit: **29.05.2001**

(30) Prioritate:

(41) Data publicării cererii:
30.12.2002 BOPI nr. **12/2002**

(42) Data publicării hotărârii de acordare a brevetului:
27.02.2004 BOPI nr. **2/2004**

(45) Data eliberării și publicării brevetului:
BOPI nr.

(61) Perfecționare la brevet:
Nr.

(62) Divizată din cererea:
Nr.

(86) Cerere internațională PCT:
Nr.

(87) Publicare internațională:
Nr.

(56) Documente din stadiul tehnicii:
**EP 0827589; US 4225410; GB 1505343;
DE 4422049**

(71) Solicitant: **INSTITUTUL NAȚIONAL DE CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU MICROTEHNOLOGIE,
BUCUREȘTI, RO**

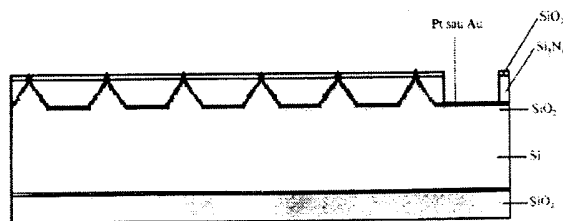
(73) Titular: **INSTITUTUL NAȚIONAL DE CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU MICROTEHNOLOGIE,
BUCUREȘTI, RO**

(72) Inventatori: **KLEPS IRINA, BUCUREȘTI, RO; ANGELESCU ANCA, BUCUREȘTI, RO; AVRAM MARIOARA,
BUCUREȘTI, RO; MIU MIHAELA, BUCUREȘTI, RO; SIMION MONICA, BUCUREȘTI, RO**

(74) Mandatar:

(54) **PROCEDEU DE REALIZARE A UNEI REȚELE DE NANOEELECTROZI,
REȚEA DE NANOEELECTROZI ȘI CELULĂ ELECTROCHIMICĂ CU
ELECTROZI INTEGRAȚI**

(57) **Rezumat:** Invenția se referă la un procedeu de realizare a unei rețele de nanoelectrozi, care poate fi utilizată ca electrod de lucru, în măsurători de voltametrie ciclică sau în diferite aplicații bio-medicale, pentru aplicarea sau culegerea unui semnal electric. Procedeu se referă la realizarea rețelilor de nanoelectrozi pe structuri piramidale dielectrice (siliciu corodat izotrop sau anizotrop, acoperit cu un strat de oxid de siliciu termic sau nitrură de siliciu, corodată în plasmă), utilizând operații standard din tehnologia dispozitivelor semiconductoare. Rețeaua poate avea un număr de electrozi între 50 și 5000, distanța între electrozi fiind între 10 și 50 μm . Electrozi sunt din Pt sau Au, cu grosimea de 0,2 μm , pe suport dielectric de SiO_2 sau Si_3N_4 , realizat pe substrat de Si. Electrozi sunt izolați cu SiO_2 cu grosimea de 0,5...1 μm .



RO 119032 B1

Revendicări: 7
Figuri: 1



Invenția se referă la un procedeu de realizare a unei rețele de nano/micro electrozi care poate fi utilizată ca electrod de lucru în celule electrochimice folosite în măsurători de voltametrie ciclică în diferite aplicații bio-medicale, pentru aplicarea sau culegerea unui semnal electric.

În scopul realizării electrozilor de dimensiuni nanometrice pentru măsurători de voltametrie ciclică se cunoaște "tehnologia de umplere" prin depunere electrochimică a unor metale în porii unor materiale nanoporoase (Patente **US 2183531** Dec., 1939 Allison 204/435. **3649498** Mar., 1972 Pretorius et al.. **3926764** Dec., 1975 Ruzicka et al. 204/418. **4118305** Oct., 1978 Oloman et.al. 204/1.**4124453** Nov., 1978 Fleischmann et.al. 204/1.**4206263** Jun., 1980 Rieger et al., **4214968** Jul., 1980 Battaglia et al. 204/418. **4225410** Sep., 1980 Pace 204/407; **4269689** May., 1981 Agladze et al. 204/1.**4285796** Aug., 1981 Stoner et.al., **4343767** Aug., 1982 Long et al., **4431508** Feb., 1984 Brown et al. 204/418; **4454007** Jun., 1984 Pace 204/418. **4551220** Nov., 1985 Oda et al., **4552013** Nov., 1985 Matson. **4798664** Jan., 1989 Yamaguchi et al. 204/416; Alte referințe: Sapio et al., "Analytica Chimica Acta", 67 (1973), pp. 240-242; Kao et. al., "Electrocatalysis by Electrodeposited Spherical Pt Microparticles Dispersed in Polymeric Film Electrode", J. Am. Chem. Soc., (1984), 106, pp. 473-476; Tallman et al., J.of Liquid Chromatograph, 6(12), 2157-2172, (1983); Wang et al., "Ensembles of Carbon Paste Ultramicroelectrodes", J. Electroanal. Chem., 249(1988) 339-345 (Jul.); Wehmeyer et al., Anal. Chem. (1955) 57, 1913-1916; "250-A Linewidths With PMMA Electron Resist"; by: A. N. Broers et al., pp. 392-394; Filtration Technology; "Nuclepore Membrane Filters", 1 page; "Replication Of 175-A Lines and Spaces In Polymethylmethacrylate Using X-Ray Lithography"; by: D.C. Flanders, pp. 93-96; "Ensembles Of Microelectrodes: Digital Simulation By The Two-Dimensional Expanding Grid Method"; by: H. Reller et al., pp 247-268; Electrochemical Characterization Of Electrodes With Submicrometer Dimensions"; by: T. Hepel et al. pp 752-757; Resolution Limits Of PMMA Resist For Exposure With 50kV Electrons"; by: A.N. Broers pp 166-170; "Charge Transfer At Partially Blocked Surfaces"; by: C. Amatore, J.M. Saveant & D. Tessier; pp. 39-51; "Simulation Of Edge Effects In Electroanalytical Experiments By Orthogonal Collocation-VI. Cyclic Voltammetry AT Ultramicroelectrode Ensembles"; by: J. Cassidy et al.; pp. 629-636; Technical Article-"Preparation and Electrochemical Characterization of Ultramicroelectrode Ensembles" Reginald M. Penner and Charles R. Martin).

Problema principală care apare în cazul utilizării electrozilor de dimensiuni nanometrice este valoarea prea mică a curentului de măsură și anume de ordinul nA sau pA. Această problemă este soluționată în invenția de față prin utilizarea unei rețele de nanoelectrozi, curentul măsurat fiind suma curenților fiecărui element în parte.

În conformitate cu invenția, procedeul de realizare a nanoelectrozilor folosește operații standard din tehnologia dispozitivelor semiconductoare. Se realizează întâi nanostructurile piramidale sau conice pe un substrat de Si cu raza la vârf de 100 nm, după care aceste structuri se oxidează la 950°C în atmosferă de oxigen timp de 30-90 min, după care, prin corodarea oxidului, structurile capătă dimensiuni la vârf de 35 nm, peste care se depun straturi de Au sau Pt cu grosimi de 1-2 μm . Într-o altă variantă, pe substratul de Si se depune un strat de mixtură de Si și după aceea se corodează în plasmă nitrura de siliciu. În continuare, se dezvelește vârful nanoelectrozilor, forma exactă a vârfului verificându-se prin analize SEM.

Un alt obiect al invenției îl formează rețeaua de nanoelectrozi de formă piramidală sau conică cu raza sferei la vârf de 1-10 nm, aflați la același potențial, semnalul electric putând fi aplicat și cules separat pe fiecare, distanța între electrozi fiind între 10-50 μm , iar numărul de electrozi 50-5000.

Invenția mai cuprinde și o celulă electrochimică cu electrozi integrați, care are în componență un electrod de lucru de tip rețea de nanoelectrozi de formă conică sau piramidală, doi sau trei electrozi de lucru de acest tip și un electrod de referință.	50
Realizarea unor electrozi de dimensiuni nanometrice prezintă avantajul măririi sensibilității de măsură cu aproximativ trei ordine de mărime comparativ cu electrozii obișnuiți, ale căror dimensiuni sunt în domeniul micro-milimetrilor. Astfel, prin tehnicile obișnuite de voltametrie ciclică este posibilă detectarea speciilor ionice sau moleculare.	55
Punerea în evidență a aspectului structurii nanoelectrozilor se face în exemplele de realizare prezentate mai jos și în figură.	
Procedeu propus în invenție se referă la realizarea rețelelor de nano-electrozi pe structuri piramidale dielectrice (siliciu corodat izotrop sau anizotrop, acoperit cu un strat de oxid de siliciu termic sau nitrură de siliciu, pe siliciu corodată în plasmă), utilizând operații standard din tehnologia dispozitivelor semiconductoare, astfel:	60
(a) <i>Realizarea substratului cu nanostructuri piramidale</i>	
<i>Varianta 1</i>	
Se utilizează substrat de Si de tip p sau n, de orientare <100> și rezistivitate 3-100 Ω cm. Substratul de siliciu se oxidează termic la 1000°C, timp de 2 h în atmosferă de vapori de apă. Printr-un procedeu fotolitografic standard, utilizând masca M1 de configurație dorită, s-a corodat stratul de SiO ₂ , definindu-se astfel masca pentru corodarea siliciului (rețele de câte 10-10000 pătrate, cu latura de 2-10 μ m, situate la distanța de 2-10 μ m). Corodarea siliciului s-a efectuat prin masca de SiO ₂ formată anterior, de grosime 500-700 nm, cu o soluție de corodare izotropă, puternic oxidantă, pentru a proteja masca de oxid de siliciu, sau cu o soluție de corodare anizotropă. Prin corodarea Si, la 20°C, cu soluție de acid azotic: acid acetic: acid fluorhidric (HNO ₃ /CH ₃ COOH/HF: 25/10/1) s-au obținut structuri piramidale/conice (forma structurilor depinde de gradul de agitare al soluției), cu o rază la vârful de 100 nm. După corodare, structurile piramidale au fost oxidate la 950°C, în atmosferă de oxigen, timp de 30-90 min, în scopul ascuțirii vârfului. După corodarea oxidului s-au obținut structuri cu raza la vârful de 35 nm.	65
<i>Varianta 2</i>	
Se depune prin metoda PECVD, la temperatura de 650-800°C, un strat de nitrură de siliciu de grosime 4-10 μ m. Printr-un procedeu fotolitografic standard, utilizând masca M1 de configurație dorită, se corodează în plasmă Si ₃ N ₄ pentru a se defini structurile piramidale.	70
(b) <i>Realizarea electrozilor</i>	
Pentru realizarea nanoelectrozilor se poate utiliza platina sau aurul, obținute prin diferite metode:	75
- Straturi de aur (Au) depuse prin evaporare în vid, cu grosimea de 200 nm;	80
- Straturi de platină (Pt) depuse prin evaporare în vid, cu grosimea de 200 nm;	
- Straturi de platină (Pt) realizate prin metoda PECVD din sursă organică solidă: bisacetat de platină; grosimea straturilor de platină a fost de 100-300 nm. Condițiile de lucru sunt următoarele: presiune totală: P=50-200 Pa; presiunea parțială (Pirani): 50-100 Pa; debit azot: D _{N2} =50 sccm; debit oxigen: D _{O2} =10 sccm; temperatura de depunere: 150-400°C; temperatura sursei: 120 - 150°C.	85
Morfologia și compoziția straturilor depuse s-au testat prin metoda microscopiei de baleiere electronică (SEM) cuplată cu EDAX. Pentru a se vedea dacă stratul metalic depus este continuu, s-au analizat zonele din vârful piramidei, cât și zona dintre piramide, precum și "șanțul" format la baza piramelor. Toate analizele efectuate au demonstrat o acoperire completă a suprafeței structurilor, cu metal. Analiza SEM a structurilor cu film de platină (Pt) a indicat o depunere preferențială a stratului de Pt pe vârful structurilor, lucru demonstrat și din analizele compoziționale efectuate în diferite puncte ale structurilor piramidale. Astfel, pe vârful structurilor s-a înregistrat aproximativ 8% Pt, pe când la baza piramelor, concentrația a fost între 3-4 %Pt.	90
	95
	100

(c) Izolarea electrozilor

Rețelele de nanoelectrozi constau dintr-o serie de electrozi individuali, separați printr-un strat dielectric. Stratul dielectric are ca scop izolarea electrozilor, respectiv a vârfurilor piramidale între ele. Dielectricul trebuie să îmbrace structurile și să lase liber vârful metalic al nanostructurilor. Spațiul dintre elementele individuale trebuie să fie suficient de mare pentru a împiedica suprapunerea și interacțiunea dintre regiunea activă de difuzie a fiecărui element, curentul total măsurat într-un asemenea ansamblu cu electrozi fiind suma curenților obținuți de la fiecare structură în parte.

Izolarea nanoelectrozilor în rețea se poate realiza cu:

- polimeri organici fotosensibili (fotorezist pozitiv);
- SiO depus prin evaporare în vid;
- SiO₂ depus din surse lichide/gazoase prin metoda CVD, la temperaturi scăzute 100-150°C;

- Si₃N₄/SiO₂ realizate prin diferite tehnici CVD (300-600°C).

Pentru ca izolarea nanostructurilor metal/Si să fie eficientă trebuie ca materialul utilizat pentru izolare să blocheze eficient transportul de ioni. În cazul izolării cu polimeri, este important ca după dezgolirea vârfului metalic, polimerii să fie tratați la temperaturi de circa 150°C sau cu lumină UV. Polimerii nu sunt rezistenți în timp. Dacă nu are loc tratarea corespunzătoare a suprafeței dielectricului, acesta suferă în timpul procesului de voltametrie ciclică un proces de degradare prin oxidare. Soluția optimă pentru izolarea nanostructurilor metal/Si este utilizarea unui strat dublu de pasivare, SiO₂/Si₃N₄ (1-2 μm/100-200 nm).

Pentru a dezveli vârful nanostructurilor cu dimensiuni mai mari de 20 nm, s-a procedat la acoperirea stratului dielectric cu fotorezist pozitiv, urmată de o expunere de scurtă durată la lumină UV. Expunerea se face fără mască fotolitografică, pe toată suprafața structurilor. Developarea se face progresiv, urmărindu-se la microscopul optic după fiecare 5 s de developare dacă vârful piramidelor este sau nu dezgolit. Forma exactă a vârfului se măsoară prin analize SEM.

În cazul nanostructurilor cu raza la vârf mai mică de 20 nm, îndepărtarea stratului dielectric se face prin următoarea procedură: se depune un strat subțire de fotorezist pozitiv (0,5-1,5 μm), se tratează termic la 90°C și se corodează dielectricul în soluții specifice dielectricului. Datorită stresului, fotorezistul este crăpat pe vârful structurii și soluția de corodare pătrunde prin aceste crăpături.

Contactul electric se face printr-un fir conductiv izolat, lipit cu pastă de Ag, iar izolarea structurii, cu rășină siliconică.

Fluxul tehnologic de realizare a rețelelor de nanoelectrozi, de formă piramidală, conform variantei 1 (fig.1), cuprinde următoarele etape:

1. Curățire standard inițială pentru oxidare.
2. Oxidare termică: T=1050°C, t=40 min H₂O vapori, d=0,7 μm
3. Protejarea spatelui plachetei cu fotorezist.
4. Fotogravură Masca M1 pentru definirea nanoelectrozilor în rețea
5. Corodarea stratului de SiO₂, 7 min în soluție NF₄·HF (6:1)
6. Înlăturarea fotorezistului în acetona

7. Corodarea emitorilor prin masca de SiO₂ se realizează prin procedeul corodării umede izotrope în soluție standard de HNO₃/CH₃COOH/HF (25/10/1) la temperatura de 24°C. Viteza de corodare este de ≈400 nm/min. În urma corodării se obțin structuri piramidale cu un șanț la bază, acoperite cu o pălărie de SiO₂. Corodarea siliciului trebuie făcută în pași mici (zeci de secunde) cu vizualizarea la microscopul optic a rețelei de electrozi, după fiecare etapă tehnologică. Procesul se consideră încheiat când se observă la microscopul optic desprinderea "pălăriilor" de oxid de la marginea plachetei.

RO 119032 B1

8. Curățire pentru oxidare cu un timp minim de spălare în soluție 5% HF (10 s).	150
9. Oxidare termică pentru ascuțirea vârfurilor structurilor, 950°C, 90-135 min, oxigen uscat.	
În urma acestor oxidări s-au analizat probele la microscopul electronic și s-a observat o ascuțire a vârfurilor structurilor.	
10. Protejarea spatelui plachetei cu fotorezist;	155
11. Corodarea oxidului de pe fața plachetei;	
12. Oxidare 950°C, 90 min, oxigen uscat.	
13. Curățire chimică standard pentru depunere metal și "lift-off":	
14. Depunere metal de electrod (Pt, Au) pe fața plachetei;	
15. Depunerea de metal se poate realiza fie prin evaporare în vid (Pt, Au), la presiune de 10^{-5} Torr, fie prin depunere chimică din faza de vapori CVD (Pt) din compuși organici (acetonat de Pt), la $T=100-400^{\circ}\text{C}$, și $P=37$ Pa.	160
16. "Lift-off" pentru înlăturarea metalului dintre-'chip'-uri;	
17. Curățire chimică standard pentru depunere strat dielectric;	
18. Depunere APCVD- SiO_2 , 1-2 μm ;	165
19. Depunere LPCVD- Si_3N_4 , 0,2 μm	
20. Se protejează spatele plachetei cu fotorezist;	
21. Fotogravură masca M3 pentru deschiderea ferestrei de contact;	
22. Corodare Si_3N_4 în plasmă de freon;	
23. Corodare SiO_2 în soluție standard 10-20 min, în soluție $\text{NF}_4:\text{HF}$ (6:1);	170
24. Fotogravură față-plachetă fără mască fotolitografică pentru delimitarea ariei active a nanoelectrozilor; se etalează un strat subțire de fotorezist pozitiv (3500 rot/min); se face o expunere scurtă (5 sec.) la lumină UV (450nm); se dezvoltă progresiv până la eliberarea vârfului structurilor (se urmărește procesul la microscopul optic);	
25. Corodare Si_3N_4 în plasmă de freon;	175
26. Corodare SiO_2 în soluție standard 5 min, în soluție $\text{NF}_4:\text{HF}$ (6:1);	
27. Tăiere pentru delimitare a 'chip'-urilor;	
28. Lipire cu pastă conductivă a firelor izolate;	
29. Izolare cu rășină dielectrică a structurilor; se izolează zona de lipire a firului și cantul structurilor; se lasă liberă zona activă a structurii.	180
Fluxul prezentat de realizare a rețelelor de nanoelectrozi, metal/dielectric prezintă avantajul că este relativ simplu și se bazează pe operații standard din tehnologia dispozitivelor semiconductoare.	
În cazul variantei 2 propuse, fluxul tehnologic diferă de cel prezentat anterior, următoarele operații modificându-se după cum urmează:	185
2. Depunere nitrură prin metoda PECVD, ($T=300-400^{\circ}\text{C}$), de grosime 2-10 μm . 5; 6; Nu se efectuează.	
7. Corodare Si_3N_4 în plasmă de freon;	
8; 9; 10; 11; 12; Nu se efectuează;	
Celelalte operații rămân neschimbate.	190
În funcție de aplicația dorită se pot realiza rețele de dimensiuni variabile, cu mai multe rețele de electrozi (electrod de lucru și contraelectrod) și electrodul de referință pe același chip. Metalul de electrod poate fi diferit: Au, Pt, Ni, etc.	
Rețelele de electrozi realizate conform descrierii au utilizări pentru următoarele aplicații:	195
- Metode de detecție și analiză electrochimice incluzând senzori sau biosenzori: controlul poluării, toxicologie, farmacologie, medicină;	
- Biochimie: măsurarea speciilor electroactive din medii biologice;	

- 200
- Biologie celulară: investigarea profilului chimic la nivel celular;
 - Medicină: investigarea electroactivității la nivelul celulelor sau țesuturilor;
 - Investigarea cineticii reacțiilor electrochimice.
 - Studiul fenomenelor interfaciale din stratul de difuzie al macroelectrozilor convenționali;
 - Microscopie electrochimică (scanning electrochemical microscopy).
- 205
- Cu ajutorul rețelelor de nanoelectrozi realizate, conform invenției, se construiesc celule electrochimice cu electrozi integrați, folosite în domeniile menționate în paragraful anterior.
- 210
- Într-o variantă constructivă, o celulă electrochimică cu electrozi integrați are în componență un electrod de lucru de tip rețea de nanoelectrozi de formă conică sau piramidală și un electrod de referință. Într-o altă variantă constructivă, celula electrochimică are în componență doi sau trei electrozi de lucru de tip rețea de nanoelectrozi și un electrod de referință.

Revendicări

- 215
1. Procedeu de realizare a unei rețele de nanoelectrozi, care, în afara etapelor cunoscute din stadiul tehnicii, este **caracterizat prin aceea că**, într-o etapă are loc realizarea nanostructurilor piramidale/conice folosind un substrat de Si de tip p sau n, de orientare <100> și rezistivitate 3-100 Ω cm, care, într-o primă fază se oxidează termic la 1000°C, timp
- 220
- de două ore în atmosferă de vapori de apă, într-o a doua fază se corodează printr-un procedeu fotolitografic standard stratul de SiO₂ de grosime 500-700 nm utilizând masca M1 de configurația dorită, definindu-se astfel masca pentru corodarea siliciului sub formă de rețele de câte 10-10000 pătrate, cu latura de 2-10 μ m, situate la distanța de 2-10 μ m, într-o
- 225
- a treia fază are loc corodarea siliciului cu o soluție anizotropă de acid azotic: acid acetic: acid fluorhidric: 25/10/1, la 20°C și se obțin structuri piramidale/conice, cu raza la vârf de 100 nm, într-o a patra fază structurile piramidale/conice sunt oxidate la 950°C, în atmosferă de oxigen, timp de 30-90 min și într-o ultimă fază se face corodarea oxidului obținându-se structuri cu raza la vârf de 35 nm, iar într-o etapă ulterioară, pentru realizarea nanoelectrozilor, se utilizează straturi de aur sau platină depuse prin evaporare în vid, cu grosimea de
- 230
- 200 nm, sau straturi de platină prin metoda PECVD, iar izolarea nanoelectrozilor se face prin straturi dielectrice, folosind un strat dublu de nitrură de siliciu și bioxid de siliciu, realizate prin tehnici CVD la temperaturi de 300-600°C, cu grosimi de 1-2 μ m/100-200 nm.
- 235
2. Procedeu, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, într-o altă variantă de realizare, pe substratul de Si se depune prin metoda PECVD, la temperatura de 650-800°C, un strat de nitrură de siliciu de grosime 4-10 μ m, după care se corodează în plasmă nitrura de siliciu pentru a se defini nanostructurile piramidale.
- 240
3. Procedeu, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, pentru a dezveli vârful nanoelectrozilor cu dimensiuni mai mari de 20 nm se face o acoperire a stratului dielectric cu fotorezist pozitiv, urmată de o expunere de scurtă durată la lumină ultravioletă, fără folosirea de mască fotolitografică, pe toată suprafața structurilor, după care, dezvoltarea se face progresiv, urmărindu-se la microscopul optic, după fiecare 5 s de dezvoltare, dacă vârful piramidelor este sau nu dezgolit, forma exactă a vârfului verificându-se prin analize SEM.
- 245
4. Procedeu, conform revendicării 3, **caracterizat prin aceea că**, în cazul structurilor cu raza la vârf mai mică de 20 nm, îndepărtarea stratului dielectric se face prin depunerea unui strat subțire de fotorezist pozitiv de 0,5-1,5 μ m, care se tratează termic la 90°C și apoi se corodează, astfel, încât datorită stresului, fotorezistul este crăpat pe vârful structurii și soluția de corodare pătrunde prin aceste crăpături.

RO 119032 B1

5. Rețea de nanoelectrozi, **caracterizată prin aceea că**, nanoelectrozii sunt realizați din aur sau platină, cu grosimea de $0,2\ \mu\text{m}$, pe suport dielectric de bioxid de siliciu sau nitru de siliciu, obținut pe substrat de siliciu și sunt izolați cu bioxid de siliciu cu grosimea de $0,5\text{-}1\ \mu\text{m}$, au formă piramidală/conică, cu raza sferei la vârf de $1\text{-}10\ \text{nm}$, sunt toți la același potențial, semnalul electric putând fi aplicat și cules separat pe fiecare, numărul de nanoelectrozi fiind între $50\text{-}5000$, iar distanța dintre ei de $10\text{-}50\ \mu\text{m}$. 250

6. Celulă electrochimică cu electrozi integrați, **caracterizată prin aceea că** are în componență un electrod de lucru de tip rețea de nanoelectrozi de formă conică sau piramidală. 255

7. Celulă electrochimică, conform revendicării 6, **caracterizată prin aceea că**, într-o altă variantă constructivă, are în componență doi sau trei electrozi de lucru de tip rețea de nanoelectrozi și un electrod de referință. 260

Președintele comisiei de examinare: **ing. Popescu Livia**

Examinator: **ing. Dumitru Daniela**

(51) Int.Cl.⁷ G 01 N 27/416;
G 01 N 27/30; G 01 N 37/00;
H 01 L 49/00

