



(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2020 00480

(22) Data de depozit: 31/07/2020

(41) Data publicării cererii:
28/01/2022 BOPI nr. 1/2022

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

(72) Inventatori:
• SERBAN BOGDAN CĂTĂLIN,
STR.LIVIU REBREANU, NR.32A, BL.PM 70,
AP.80, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO;
• BUIU OCTAVIAN,
STR. CETATEA DE BALTĂ NR. 26, BL. P10,
SC. E, ET. 1, AP. 72, SECTOR 6,
BUCUREȘTI, B, RO;

• COBIANU CORNEL,
ȘOS. BUCUREȘTI-MĂGURELE NR.72 D,
SECTOR 5, BUCUREȘTI, B, RO;
• DUMBRĂVESCU NICULAE,
STR. AGATA BIRSESCU, NR.18, V30B,
SC.2, AP.39, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B,
RO;
• AVRAMESCU VIOREL MARIAN,
STR.AGRICULTORI NR.119, BL.80, SC.A,
ET.6, AP.28, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B,
RO;
• MARINESCU MARIA ROXANA,
ȘOS.IANCULUI NR.68, ET.1, AP.2,
SECTOR 2, BUCUREȘTI, B, RO

(54) SENZOR REZISTIV DE ETANOL

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un senzor rezistiv pentru monitorizarea concentrației de etanol în diverse domenii de activitate casnică și industrială precum industria vinului, industria alimentară, industria chimică, în domeniul medical, industria farmaceutică și alte domenii asemenea. Senzorul conform invenției este realizat dintr-un substrat dielectric care poate fi construit din Si/SiO₂, polycarbonat Lexan, poli-etilentereftalat PET sau Kapton cu grosimea cuprinsă între 50 μm și 5 mm, urmat de depunerea pe substratul dielectric, prin printare directă, a unei perechi de electrozi cu configurație liniară sau interdigitată, care pot fi constituiți din același material dintre Al, Cr, Cu și Au, sau din materiale diferite, iar în final peste substratul dielectric cu electrozi, se depune din soluție apoasă prin metoda "drop casting", un strat senzitiv constituit dintr-un film subțire de nanocompozit ternar de tipul nanohornuri carbonice oxidate/ZnO/polivinilpirolidonă în raport masic 5: 3: 2 și respectiv 5: 2: 1, polivinilpirolidonă utilizată având o masă moleculară care variază în intervalul 10000...55000 Da.

Revendicări: 10

Figuri: 8

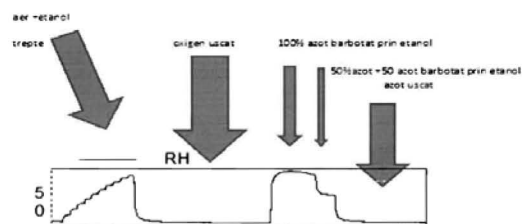


Fig. 5



13

OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI	
Cerere de brevet de invenție	
Nr.	2020 480
Data depozit	31-07-2020

Descriere

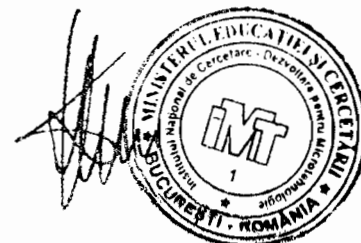
Monitorizarea concentrației de etanol reprezintă un proces important în diverse domenii de activitate casnică și industrială precum industria vinului (monitorizarea proceselor de fermentare), industria alimentară, industria chimică, domeniul medical [1-4]. Alături de metode de detecție precum gaz cromatografia, calorimetria, spectroscopia FTIR [5], senzorii rezistivi reprezintă una dintre opțiunile tehnice cele mai utilizate pentru detecția și monitorizarea etanolului. Astfel, diferiți oxizi de metale semiconductoare sau combinații ale acestora au fost testate ca straturi senzitive în detecția și monitorizarea concentrației etanolului. Printre acestea se pot menționa ZnO [6-8], ZnO-CuO [9], ZnO-Pd [10].

Cererea de brevet de invenție **RO 134097A2** cu titlul "*Senzor chemirezistiv de etanol folosind straturi senzitive nanocompozite ZnO/nanohornuri carbonice oxidate*" (Bogdan-Cătălin Șerban, Octavian Buiu, Cornel Cobianu, Viorel Avramescu, Nicolae Varachiu, Octavian Narcis Ionescu, Dragos Varsescu, Maria Roxana Marinescu) se referă la un senzor chemirezistiv de etanol utilizând ca straturi senzitive nanocompozite ZnO / nanohornuri carbonice oxidate. Senzorul propus este constituit dintr-un substrat dielectric precum sticla, electrozi (aur, cupru, crom, etc.) și stratul senzitiv la etanol, obținut prin metoda sol – gel și depus prin drop casting și/sau spin coating. Materiile prime necesare sintezei solului sunt: precursorul - $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, solventul – etanolul absolut, stabilizatorul (monoetanolamina), nanohornurile carbonice oxidate. Raportul molar precursor - etanol este 1: 3.

Nanohornurile carbonice simple se oxidează conform următoarelor două proceduri, fiecare fiind constituită din doi pași de procesare:

- 1) tratarea nanohornurilor carbonice simple în aer, la 500°C, gradientul termic la încălzire fiind de 5 grade/min și răcire la temperatura camerei, urmată de oxidarea nanohornurilor obținute în H_2O_2 , la temperatura camerei, timp de 72 h.
- 2) tratamentul UV al nanohornurilor carbonice simple, urmată de oxidarea nanohornurilor obținute în H_2O_2 , la temperatura camerei, timp de 72 h.

Brevetul de invenție **CN104698041B** cu titlul "*Ethanol sensor and method for preparing zinc oxide-based nanostructures*" (叶柏盈) se referă la un senzor rezistiv de etanol în care stratul senzitiv este constituit din ZnO. Precursorii necesari obținerii ZnO sunt selectați dintre următorii compuși: acetat de zinc, nitrat de zinc, oxalat de zinc, dimetilformamidă, etanol, tetrahidrofuran ori etanol, alcool polivinilic sau polivinilpirolidonă. Diametrul "nanosârmelor" de ZnO variază între 200 și 300 nm. Grosimea stratului senzitiv poate ajunge la 500 nm. Substratul dielectric poate fi realizat din siliciu, sticlă sau plexiglas, electrozii fiind constituiți din aur, ITO, argint, cupru sau aluminiu.



Materialele nanocarbonice precum nanotuburile de carbon [11,12], oxidul de grafenă și matricele lor nanocompozite au fost utilizate, de asemenea, în fabricarea senzorilor de etanol [13-14].

Cererea de brevet de invenție **RO 134143A2**, cu titlul "*Senzor chemirezistiv de etanol pe bază de nanocompozite de grafenă și oxid metalic*" (Cornel Cobianu, Bogdan-Cătălin Șerban, Octavian Buiu, Nicolae Dumbrăvescu, Marinescu Roxana, Viorel Avramescu) se referă la un senzor rezistiv de etanol utilizând ca straturi senzitive matrice nanocompozite de tip grafenă/oxid metalic. Senzorul este format dintr-un substrat dielectric din aluminiu, mică, sticlă sau siliciu acoperit cu un strat de SiO_2 și care prezintă, pe fața superioară, o rețea de electrozi metalici interdigitați din platină în formă de pieptene dublu și un strat senzitiv care conține nanocompozite de ZnO / grafenă procesate sonochimic.

Nu în ultimul rând, matricele nanocompozite binare oxizi metalici- nanohornuri carbonice oxidate (**Fig. 1**) au fost utilizate în detecția rezistivă a etanolului la temperatura camerei.

Cererea de brevet de invenție **RO133635A2** cu titlul "*Strat senzitiv pentru senzor de etanol și procedeu de obtinere a acestuia*" (Bogdan- Cătălin Serban, Octavian Buiu, Cornel Cobianu, Octavian Narcis Ionescu, Dragoș-Alexandru-Cristian Varsescu, Viorel Marian Avramescu, Maria Roxana Marinescu, Niculae Dumbrăvescu) se referă la un senzor rezistiv de etanol utilizând ca straturi senzitive matrice nanocompozite de tip CuO /nanohornuri carbonice oxidate. Materiile prime necesare sintezei solului sunt: precursorul- $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$, solventul - etanolul, stabilizatorul (polietilenglicolul cu mase moleculare cuprinse între 6.000 și 8.000), nanohornurile carbonice oxidate. Nanocompozitul depus prin metodele spin coating și drop casting pe un substrat dielectric (cuart) conferă senzorului câteva avantaje semnificative precum detecție pe un domeniu larg de temperatură și răspunsul rapid la variații ale concentrației de etanol.

Cererea de brevet de invenție **RO133636A2** cu titlul "*Senzor chemirezistiv de etanol*" (Bogdan Cătălin Serban, Octavian Buiu, Cornel Cobianu, Octavian Narcis Ionescu, Maria Roxana Marinescu, Niculae Dumbrăvescu) se referă la un senzor rezistiv de etanol utilizând ca straturi senzitive matrice nanocompozite de tip $\text{TiO}_2/\text{La}_2\text{O}_3$ /nanohornuri carbonice oxidate. Conform teoriei HSAB, etanolul este clasificat ca o bază tare, în timp ce TiO_2 (prin ionii de Ti^{4+}), precum și La_2O_3 (prin ionii La^{3+}) sunt acizi tari, astfel încât o interacție de tip "hard acid- hard base" între analit și stratul senzitiv fiind foarte probabilă.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția prezentă constă în obținerea de noi straturi senzitive la variația valorii concentrației vaporilor de etanol, utilizate în designul unor senzori de tip rezistiv.

Straturile senzitive descrise în această invenție, care pot fi utilizate pentru obținerea unor senzori rezistivi pentru monitorizarea concentrației de vapori de etanol, sunt nanocompozite



ternare de tipul nanohornuri carbonice oxidate/ZnO/ polivinilpirolidonă, cele trei componente fiind utilizate în rapoartele masice 5:3:2 și respectiv 5:2:1.

Utilizarea nanocompozitelor ternare ca strat senzitiv în monitorizarea vaporilor de etanol prezintă câteva avantaje semnificative:

- Atât nanohornurile carbonice oxidate cât și ZnO prezintă un raport mare suprafață specifică / volum și afinitate pentru moleculele de etanol;
- Cele două materiale semiconductoare, nanohornurile carbonice oxidate și ZnO asigură o variație a rezistenței stratului senzitiv la contactul cu vaporii de etanol;
- Detecție la temperatura camerei;
- PVP este un polimer cu excelente proprietăți de binder.

Substratul senzorului este realizat din siliciu (grosime de 470 microni) acoperit cu SiO_2 (1 micron). Electrozii au fost conectați prin depunerea succesivă de Cr (10 nm) și Au (100 nm). Lățimea electrozilor este de aproximativ 200 microni, cu o separare de 6 mm între ele. Ei pot fi liniari (**Fig. 2**) sau pot avea o configurație interdigitată (**Fig. 3**).

În cele ce urmează se prezintă etapele necesare pentru obținerea straturilor senzitive la vaporii de etanol, precum și pentru obținerea senzorilor rezistivi pentru monitorizarea vaporilor de etanol.

Exemplul 1

Materiile prime necesare sintezei stratului senzitiv sunt, în primul caz, polivinilpirolidona ($M = 55\,000$ Da), nanohornurile carbonice oxidate și oxidul de zinc (nanopudră, dimensiunea particulelor < de 100 nanometri), apă deionizată. Toate materialele sunt achiziționate de la Sigma Aldrich.

- 1) Soluția de polivinilpirolidonă se prepară prin dizolvarea a 1 mg polimer în 10 mL apă deionizată, sub agitare magnetică, timp de o oră, la temperatura camerei.
- 2) Se adaugă soluției preparate anterior 5 mg nanohornuri carbonice oxidate și se continuă agitarea magnetică timp de o oră, la temperatura camerei.
- 3) Soluției preparate anterior i se adaugă 2 mg pulbere nanometrică de ZnO și se continuă agitarea magnetică timp de 6 ore, la temperatura camerei.
- 4) Dispersia obținută se depune prin metoda "drop casting" utilizând un substrat de Si/ SiO_2 cu electrozi liniari sau cu electrozi interdigați (după ce în prealabil s-a realizat mascarea zonei de contacte).
- 5) Stratul senzitiv obținut se supune unui tratament termic la 70°C , două ore, în vid.

Exemplul 2



Materiile prime necesare sintezei stratului senzitiv sunt, în primul caz, polivinilpirolidonă ($M = 55\ 000$ Da), nanohornurile carbonice oxidate și oxidul de zinc (nanopudră, dimensiunea particulelor < 100 nanometri), apă deionizată. Toate materialele sunt achiziționate de la Sigma Aldrich.

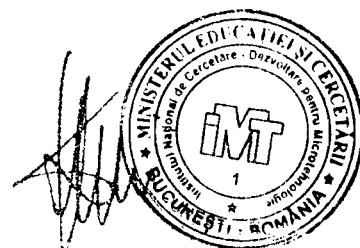
- 1) Soluția de polivinilpirolidonă se prepară prin dizolvarea a 2 mg polimer în 10 mL apă deionizată sub agitare magnetică (timp de două ore, la temperatura camerei.).
- 2) Ulterior se adaugă soluției preparate anterior 5 mg nanohornuri carbonice oxidate și se continuă agitarea magnetică timp de 2 ore, la temperatura camerei.
- 3) Soluției preparate anterior i se adaugă 3 mg ZnO și se continuă agitarea magnetică timp de 12 ore, la temperatura camerei.
- 4) Dispersia obținută se depune prin metoda "drop casting" utilizând un substrat de Si/SiO₂ cu electrozi liniari sau cu electrozi interdigitați (după ce în prealabil s-a realizat mascarea zonei de contacte).
- 5) Stratul senzitiv obținut se supune unui tratament termic la 80°C, 90 minute, în vid.

Dispozitivul experimental utilizat pentru monitorizarea rezistivă a vaporilor de etanol este prezentat în **Fig. 4**. Debitul total O₂ + N₂ însumează 1000 cm³/min. și rămâne constant, indiferent de debitul de oxigen care trece prin barbotorul în care se află etanol concentrat (97% etanol).

Zece debite diferite de oxigen anhidru s-au barbotat prin etanol absolut (calea I) și s-au completat, până la 1L/min, cu debite de azot anhidru care curg direct în camera de testare (calea II), astfel : 1) 4 cm³/min O₂ + 996 cm³/min N₂; 2) 8 cm³/min O₂ + 992 cm³/min N₂; 3) 12 cm³/min O₂ + 988 cm³/min N₂; 4) 16 cm³/min O₂ + 984 cm³/min N₂; 5) 20 cm³/min O₂ + 980 cm³/min N₂; 6) 40 cm³/min O₂ + 960 cm³/min N₂; 7) 80 cm³/min O₂ + 920 cm³/min N₂; 8) 120 cm³/min O₂ + 880 cm³/min N₂; 9) 160 cm³/min O₂ + 840 cm³/min N₂; 10) 180 cm³/min O₂ + 820 cm³/min N₂.

Având în vedere detecția rezistivă a umidității relative utilizând drept straturi senzitive nanohornurile carbonice oxidate [15] sau matrice nanocompozite de tipul nanohornuri carbonice oxidate-polimeri hidrofilii [16], s-a verificat inițial dacă gazele purtătoare (oxigen și respectiv azot) sunt anhidre. Pentru acest scop, în camera de testare s-a introdus, pe lângă senzorul de etanol revendicat în cadrul acestei invenții, și un senzor de umiditate capacitiv comercial (Honeywell) care monitorizează umiditatea relativă (RH) a gazelor care trec prin acea cameră.

Rezultatele privind umiditatea gazelor care sunt folosite în testarea senzorilor sunt prezentate în **Fig. 5**; acestea certifică faptul că atât azotul cât și oxigenul sunt anhidre (lipsa unui răspuns al senzorului capacitiv de umiditate relativă), astfel încât potențialul răspuns rezistiv al senzorului testat se datorează exclusiv vaporilor de etanol.

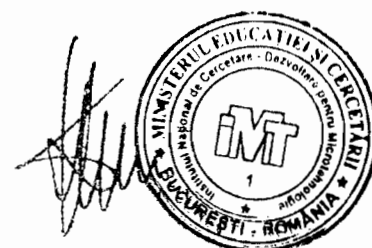


În vederea stabilirii concentrației de etanol în gazul prezent în camera de testare (oxigen care trece prin barbotoare și azot care curge direct către camera de testare) s-au efectuat teste de măsurare a vitezei masice de evaporare a etanolului pe unitatea de timp (mg/min) ca urmare a barbotării acestuia cu oxigen, la temperatura camerei de 21°C și umiditate relativă de 40%. Aceste teste s-au desfășurat la diverse debite de oxigen prin barbotor (calea I) și N₂ pe calea directă către camera de testare (calea II), respectând mereu condiția ca suma debitelor de O₂ și N₂ să fie egală cu 1 L/min. Aceste teste au constat în adăugarea unei cantități de 50 mg de etanol în barbotor și expunerea barbotorului la diverse debite de oxigen, cu debit total constant egal cu 1 L/min. Pentru fiecare debit de gaz aplicat s-a determinat viteza de evaporare în mg/min. Pentru debitele foarte mici de ordinul 0 cm³/min (completat cu 1 L/min de N₂ pe calea II) și 20 cm³/min (completat cu 980 cm³/min N₂ pe calea II), testul s-a făcut la durate mari de timp, de 72 ore, respectiv de 22 ore. Cunoscând vitezele masice de evaporare etanol și volumul total de gaz care a trecut prin camera de testare pe durata fiecărui test, s-a calculat concentrația de etanol din camera de testare exprimată în mg/L pentru fiecare debit de oxigen aplicat prin barbotor, pentru un debit total constant=1 L/min. În **Fig. 6** se prezintă curba experimentală a concentrației de etanol din camera de testare pentru fiecare debit de O₂ care trece prin barbotor.

Capacitatea de monitorizare a concentrației de etanol, cu stratul senzitiv ternar compus din nanohorn:ZnO:PVP=1:1:1 menținut la temperatura camerei a fost investigată prin aplicarea unui curent constant între cei doi electrozi și măsurarea tensiunii la diferite valori ale nivelului de etanol la care a fost expus stratul sensibil. Rezultatele sunt prezentate în **Figurile 7-8**.

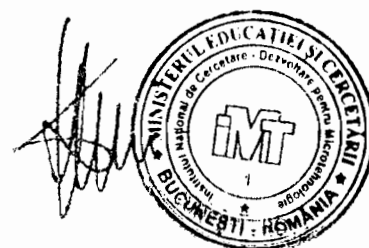
Dupa cum se observă din aceste rezultate, rezistența stratului senzitiv crește proporțional cu creșterea concentrației de etanol. Nanohornurile de carbon au conducție electrică prin goluri (tip p), iar SnO₂ este oxid metalic semiconductor cu conducție prin electroni (tip n). În aceste condiții, nanocompozitul ternar de mai sus conține insule de heterojoncțiuni semiconductoare p-n înglobate în PVP (material dielectric), care coexistă cu căi de conducție percolative între electrozi care merg prin nanohornuri. Deoarece concentrația masică de nanohornuri în nanocompozitul ternar este de cel puțin 50% , conducția electrică se desfășoară practic numai prin nanohornuri (este deci de tip p), urmând ca SnO₂ și PVP să influențeze procesul de conducției doar prin configurarea căilor de curgere a curentului electric printre aceste două componente cu rezistență electrică foarte mare la temperatura camerei

1. de Lacy Costello, B. P. J., et al. "The development of a sensor system for the early detection of soft rot in stored potato tubers." *Measurement Science and Technology* 11.12 (2000): 1685.
2. An, G., Zhang, Y., Liu, Z., Miao, Z., Han, B., Miao, S., & Li, J. (2007). Preparation of porous chromium oxide nanotubes using carbon nanotubes as templates and their application as an ethanol sensor. *Nanotechnology*, 19(3), 035504.
3. Bagheri, M., Hamedani, N. F., Mahjoub, A. R., Khodadadi, A. A., & Mortazavi, Y. (2014). Highly sensitive and selective ethanol sensor based on Sm_2O_3 -loaded flower-like ZnO nanostructure. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 191, 283-290.
4. Ho, J. J., Fang, Y. K., Wu, K. H., Hsieh, W. T., Chen, C. H., Chen, G. S., ... & Hwang, S. B. (1998). High sensitivity ethanol gas sensor integrated with a solid-state heater and thermal isolation improvement structure for legal drink-drive limit detecting. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 50(3), 227-233.
5. Conklin Jr, A., Goldcamp, M. J., Barrett, J., Determination of Ethanol in Gasoline by FT-IR Spectroscopy, *Journal of Chemical Education*, 91(6), 889 - 891, 2014.
6. Wan, Q., Li, Q. H., Chen, Y. J., Wang, T. H., He, X. L., Li, J. P., & Lin, C. L., Fabrication and ethanol sensing characteristics of ZnO nanowire gas sensors. *Applied Physics Letters*, 84(18), 3654-3656, 2004
7. Choopun, S., Hongsih, N., Mangkorntong, P., & Mangkorntong, N. (2007). Zinc oxide nanobelts by RF sputtering for ethanol sensor. *Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures*, 39(1), 53-56.
8. Yang, Z., Li, L. M., Wan, Q., Liu, Q. H., & Wang, T. H. (2008). High-performance ethanol sensing based on an aligned assembly of ZnO nanorods. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 135(1), 57-60.
9. Yu, M. R., Suyambrakasam, G., Wu, R. J., & Chavali, M., Performance evaluation of ZnO-CuO hetero junction solid state room temperature ethanol sensor, *Materials Research Bulletin*, 47(7), 1713-1718, 2012
10. Hsueh, T. J., Chang, S. J., Hsu, C. L., Lin, Y. R., & Chen, I. C. (2007). Highly sensitive ZnO nanowire ethanol sensor with Pd adsorption. *Applied Physics Letters*, 91(5), 053111.
11. Brahim, S., Colbern, S., Gump, R., Moser, A., & Grigorian, L. (2009). Carbon nanotube-based ethanol sensors. *Nanotechnology*, 20(23), 235502.
12. Chen, Y. S., & Huang, J. H. (2010). Arrayed CNT-Ni nanocomposites grown directly on Si substrate for amperometric detection of ethanol. *Biosensors and Bioelectronics*, 26(1), 207-212.
13. Sha, R., Puttapati, S. K., Srikanth, V. V., & Badhulika, S. (2017). Ultra-sensitive non-enzymatic ethanol sensor based on reduced graphene oxide-zinc oxide composite modified electrode. *IEEE Sensors Journal*, 18(5), 1844-1848;



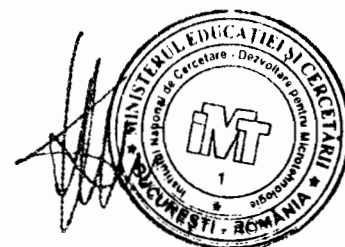


14. Zhang, C., Hou, Z. L., Zhang, B. X., Fang, H. M., & Bi, S. (2018). High sensitivity self-recovery ethanol sensor based on polyporous graphene oxide/melamine composites. *Carbon*, 137, 467-474.
15. Serban, B. C., Buiu, O., Dumbravescu, N., Cobianu, C., Avramescu, V., Brezeanu, M., ... & Nicolescu, C. M. (2020). Oxidized Carbon Nanohorns as Novel Sensing Layer for Resistive Humidity Sensor. *Acta Chimica Slovenica*.
16. Șerban, B. C., Buiu, O., Cobianu, C., Avramescu, V., Dumbrăvescu, N., Brezeanu, M., ... & Marinescu, R. (2019). Ternary Carbon-Based Nanocomposite as Sensing Layer for Resistive Humidity Sensor. *Multidisciplinary Digital Publishing Institute Proceedings*, 29(1), 114.



Revendicări

1. Senzor chemirezistiv de monitorizare a vaporilor de etanol **care se caracterizează prin aceea că** este alcătuit dintr-un substrat dielectric, electrozi metalici și un strat senzitiv constituit dintr-un film subțire de nanocompozit ternar de tipul nanohornuri carbonice oxidate/ZnO/polivinilpirolidonă.
2. Amestecurile ternare constituit din nanohornuri carbonice oxidate/ZnO/polivinilpirolidonă, utilizate în condițiile revendicării 1, **se caracterizează prin aceea că** conține nanohornuri carbonice oxidate, ZnO și polivinilpirolidonă în raport masic 5:3:2 și respectiv 5:2:1.
3. Polivinilpirolidona utilizată în condițiile revendicării 1 **se caracterizează prin aceea că** are o masă moleculară care variază în intervalul 10 000- 55.000 Da.
4. Substratul dielectric utilizat în condițiile revendicării 1 **se caracterizează prin aceea că** poate fi construit din Si/SiO₂, polycarbonat (Lexan), polietilentereftalat (PET), Kapton și poate avea o grosime între 50 microni și 5 milimetri.
5. Electrozii utilizați în condițiile revendicării 1 **se caracterizează prin aceea că** se depun pe suprafața substratului dielectric prin printare directă.
6. Electrozii utilizați în condițiile revendicării 1 **se caracterizează prin aceea că** pot fi constituiți din același material (aluminu, crom, cupru, aur) sau din materiale diferite.
7. Electrozii utilizați în condițiile revendicării 1 **se caracterizează prin aceea că** pot fi liniari sau pot avea o configurație interdigitată.
8. Depunerea stratului senzitiv constituit din nanohornuri carbonice oxidate/ZnO/polivinilpirolidonă, **se caracterizează prin aceea că** se realizează din soluție apoasă prin metoda "drop casting" pe substratul de Si/SiO₂ cu electrozi liniari.
9. Depunerea stratului senzitiv constituit din nanohornuri carbonice oxidate/ZnO/polivinilpirolidonă **se caracterizează prin aceea că** se realizează din soluție apoasă prin metoda "drop casting" pe substratul de Si/SiO₂ cu electrozi interdigați.
10. Utilizarea senzorilor chemirezistivi obținuți în condițiile revendicărilor 8-9 pentru monitorizarea concentrației de vapori de etanol **se caracterizează prin aceea că** se aplică un curent constant între doi electrozi și se măsoară tensiunea electrică care traversează stratul senzitiv la diverse valori ale concentrației de etanol.



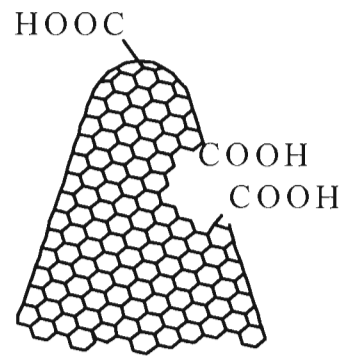


Fig. 1

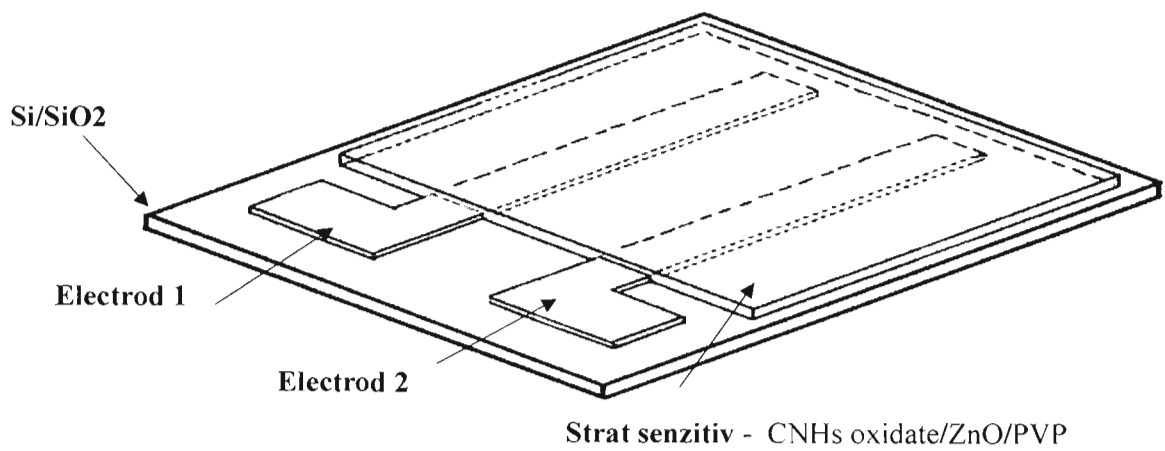


Fig. 2

6

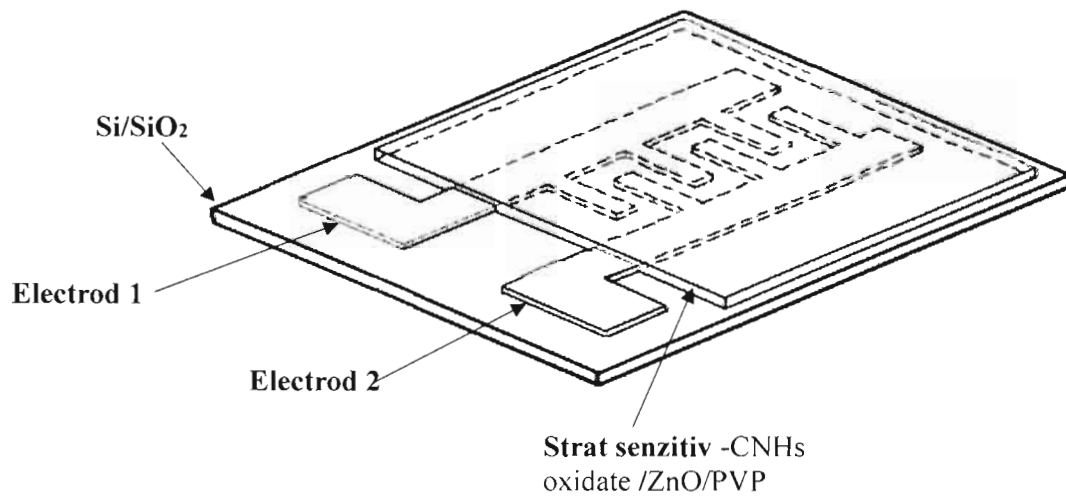


Fig. 3

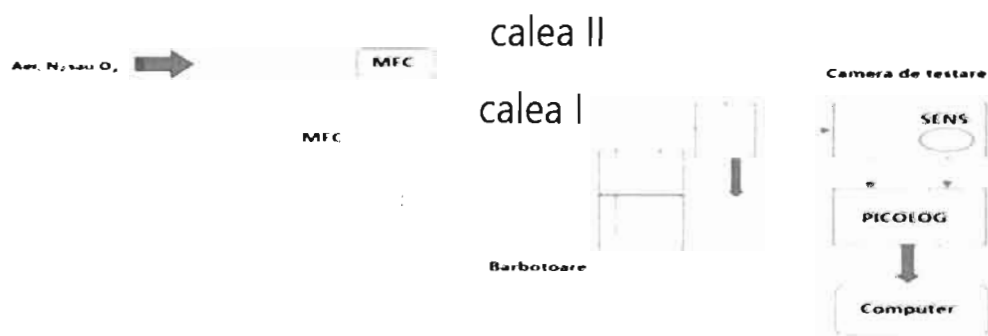


Fig. 4

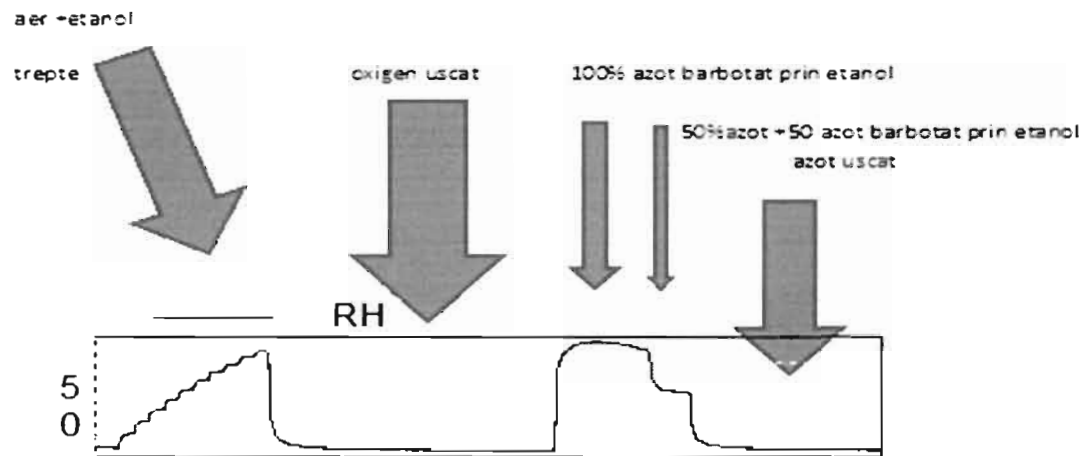


Fig. 5

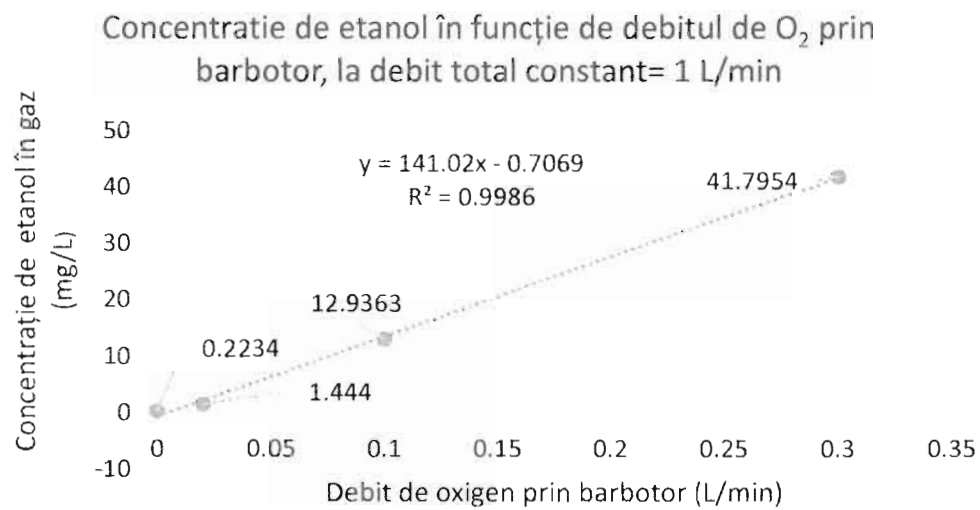


Fig. 6

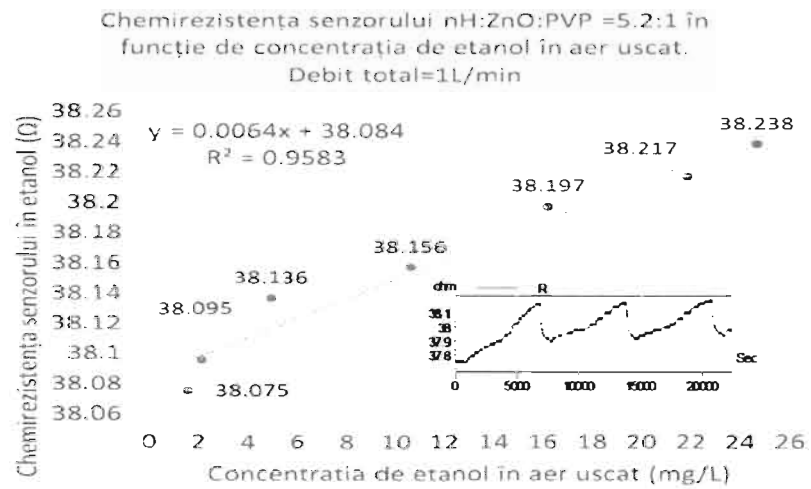


Fig. 7

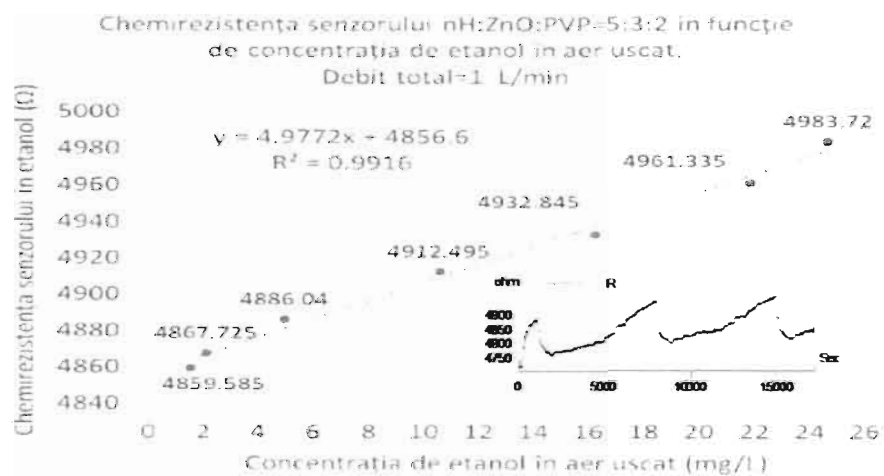


Fig. 8