



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2020 00477

(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:
• ȘERBAN BOGDAN CĂTĂLIN,
STR.LIVIU REBREANU, NR.32A, BL.PM.70,
AP.80, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO;
• COBIANU CORNEL,
ȘOS.BUCUREȘTI-MĂGURELE NR.72 D,
SECTOR 5, BUCUREȘTI, B, RO;

• BIUI OCTAVIAN,
STR. CETATEA DE BALTĂ NR. 26, BL. P10,
SC. E, ET. 1, AP. 72, SECTOR 6,
BUCUREȘTI, B, RO;
• AVRAMESCU VIOREL MARIAN,
STR.AGRICULTORI NR.119, BL.80, SC.A,
ET.6, AP.28, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B,
RO;
• DUMBRAVESCU NICULAE,
STR. AGATA BÎRSESCU NR.18, V30B,
SC.2, AP.39, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B,
RO;
• MARINESCU MARIA ROXANA,
ȘOS.IANCULUI NR.68, ET.1, AP.2,
SECTOR 2, BUCUREȘTI, B, RO

(54) STRAT SENZITIV TERNAR PENTRU 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 cum sunt industria vinului, industria alimentară, industria chimică, industria farmaceutică și altele asemenea. Senzorul conform invenției este constituit dintr-un substrat dielectric care poate fi realizat din Si/SiO₂, policarbonat Lexan, polietilenaftalat PEN sau Kapton având o grosime cuprinsă între 50 μm și 5 mm, pe substrat sunt depuși prin printare directă electrozii metalici realizați din același material Al, Cr, Cu sau Au, sau din materiale diferite, care pot fi liniari sau cu configurație interdigitată, peste care se depune un strat senzitiv constituit dintr-un film subțire de nanocompozit ternar de tipul nanohornuri carbonice oxidate/SnO₂/polivinilpirolidonă, polivinilpirolidonă având masa moleculară cuprinsă între 10000...40000 Da.

Revendicări: 10
Figuri: 9

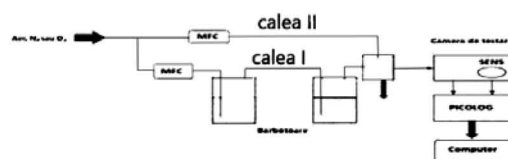


Fig. 5

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).



OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI	
Cerere de brevet de invenție	
Nr.	a 2020 ep 477
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 sensibile în detecția și monitorizarea concentrației etanolului. Printre acestea se pot menționa CuO [6], ZnO-CuO [7], ZnO [8], SnO₂ [9-11].

Cererea de brevet de invenție US 4,592,967 A cu titlul "*Gas sensor of mixed oxides*" (Koji Komatsu, Sai Sakai) se referă la designul unui senzor chemorezistiv de etanol care utilizează ca strat sensibil SnO₂, La₂O₃ precum și oxizi de titan (Ti), zirconiu (Zr), hafniu (Hf) sau thoriu (Th). Temperatura de operare este de 350-400°C.

Cererea de brevet de invenție US 6,161,421 A cu titlul "*Integrated ethanol gas sensor and fabrication method thereof*" (Yean-Kuen Fang, Jyhyi Ho, C. H. Chen) se referă la designul unui senzor de etanol în care stratul sensibil este SnO₂, depus pe porțiuni distincte ale aceluiași substrat de siliciu utilizând o tehnologie VLSI, împreună cu filme subțiri Al₂O₃ și SnO₂. Un dezavantaj important îl reprezintă temperatura ridicată de operare, un inconvenient relativ frecvent al detecției cu senzori chemorezistivi utilizând oxizi metalici semiconductori.

Materialele nanocarbonice precum oxidul de grafenă, nanotuburile de carbon și matricele lor nanocompozite au fost utilizate, de asemenea, în fabricarea senzorilor de etanol [12-13]. 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 sensibil pentru senzor de etanol și procedeu de obținere a acestuia*" (Bogdan-Cătălin Serban, Octavian Buiu, Cornel Cobianu, Octavian Narcis Ionescu, Dragoș-Alexandru-Cristian Vârșescu, Viorel Marian Avramescu, Maria Roxana Marinescu, Niculae Dumbrăvescu) se referă la un senzor rezistiv de etanol utilizând ca straturi sensibile matrice nanocompozite de tip CuO/nanohornuri carbonice oxidate. Materiile prime necesare sintezei solului sunt: precursorul- Cu(CH₃COO)₂*2 H₂O, 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 (cuarț) conferă senzorului câteva avantaje semnificative precum detecție pe un domeniu larg de temperatură și răspunsul rapid al senzorului la variații ale concentrației de etanol.

Cererea de brevet de invenție RO133635A2 cu titlul "*Strat sensibil pentru senzor de etanol și procedeu de obținere a acestuia*" (Bogdan-Cătălin Serban, Octavian Buiu, Cornel Cobianu, Octavian Narcis Ionescu, Dragoș-Alexandru-Cristian Vârșescu, 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 cuarț conferă sensorului câteva avantaje semnificative precum detecție pe un domeniu larg de temperatură și răspunsul rapid al sensorului 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, Nicolae 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 sensibil 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/ SnO_2 / polivinilpirolidonă, cele trei componente fiind utilizate în proporții echimolare.

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

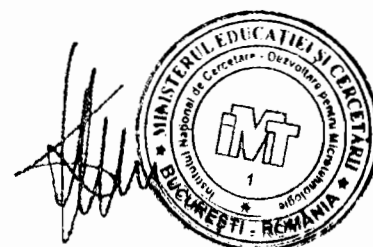
- Atât nanohornurile carbonice oxidate cât și SnO_2 prezintă un raport mare suprafață specifică / volum și afinitate pentru moleculele de etanol;
- Cele două materiale semiconductoare, nanohornurile carbonice oxidate și SnO_2 asigură o variație a rezistenței stratului sensibil la contactul cu vaporii de etanol;
- Detecție la temperatura camerei;
- PVP este un polimer cu excelente proprietăți de binder.

Substratul sensorului este realizat din siliciu (470 micrometri) 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 micrometri, 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.

Exemplu

Materiile prime necesare sintezei stratului sensibil sunt, în primul caz, polivinilpirolidonă ($M=10.000$ Da), nanohornurile carbonice oxidate și SnO_2 (nanopudră, dimensiunea particulelor < de 100 nanometri), alcoolul etilic. Toate materialele sunt achiziționate de la Sigma Aldrich.



- 1) Soluția de polivinilpirolidonă se prepară prin dizolvarea a 1 mg polimer în 20 mL apă deionizată, sub agitare magnetică timp de 30 minute, la temperatura camerei.
- 2) Se adaugă soluției preparate anterior 1 mg nanohornuri carbonice oxidate și se continuă agitarea magnetică timp de două ore, la temperatura camerei.
- 3) Soluției preparate anterior i se adaugă 1 mg pulbere nanometrică SnO_2 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/SiO₂ cu electrozi liniari sau cu electrozi interdigitați (după ce în prealabil s-a realizat mascarea zonei de contacte).

5) Stratul sensibil obținut se supune unui tratament termic la 80°C, două ore, în vid. Microscopia electronică de baleiaj pentru matrice nanocompozită nanohornuri carbonice oxidate/ SnO_2 /polivinilpirolidonă în raport 1:1:1 este prezentată în **Fig. 4**.

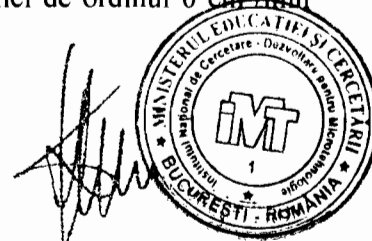
Dispozitivul experimental utilizat pentru monitorizarea rezistivă a vaporilor de etanol este prezentat în **Fig. 5**. Debitul total O₂+ N₂ însumează 1000 cm³/min. și rămâne constant indiferent de debitul de oxigen care trece prin barbotorul în care se află etanol concentrat (97% etanol).

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 sensibile nanohornurile carbonice oxidate [14] sau matrice nanocompozite de tipul nanohornuri carbonice oxidate-polimeri hidrofilii [15], s-a verificat inițial dacă gazele purtătoare (oxigen și respectiv azot) sunt anhidre. Pentru acest scop, în camera de testare din **Fig. 5** 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. 6** și 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 pe o durată măsurată de timp. Pentru debitele foarte mici de ordinul 0 cm³/min



(completat cu 1 L/min de N_2 pe calea II) și 20 cm^3/min (completat cu 980 cm^3/min N_2 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. 7 se prezintă curba experimentală a concentrației de etanol din camera de testare pentru fiecare debit de O_2 care trece prin barbotor.

Capacitatea de monitorizare a concentrației de etanol, cu stratul senzitiv ternar compus din nanohorn:SnO₂: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 8 - 9.

În Fig. 8 se prezintă răspunsul senzorului de etanol cu stratul senzitiv ternar nanohorn:SnO₂:PVP=1:1:1, menținut la temperatura camerei de 21°C. Din această figură se remarcă faptul că senzorul are un comportament cu două valori de sensibilitate, în sensul că prezintă o sensibilitate foarte mare la concentrațiile foarte mici de etanol, sub 1mg/L și o sensibilitate mai mică, dar cu o foarte bună liniaritate în gama de concentrații de (1-25) mg/L. De asemenea din graficul interior din Fig. 10 (furnizat de sistemul automat de testare pe o durată de circa 20000 secunde) se observă că senzorul "fresh" are un răspuns diferit pe primul ciclu de măsură în etanol față de următoarele cicluri de testare, ceea ce este oarecum de așteptat, având în vedere că este nevoie de timp pentru echilibrarea stării stratului senzitiv în raport cu mediul atmosferic de lucru. Stabilitatea funcționării senzorului de etanol pe următoarele cicluri de testare (care au fost folosite la extragerea caracteristicilor senzorului) este cu atât mai mult de apreciat cu cât senzorul operează la temperatura camerei și deci toate desorbțiile de gaz se fac mai greu, în aceste condiții. În Fig. 9 se prezintă funcția de transfer a senzorului de etanol cu strat senzitiv ternar nanohorn:SnO₂:PVP=1:1:1, menținut la temperatura camerei de 21°C, la concentrații mai mari de etanol în domeniul (1-25) mg/L. Din panta acestei caracteristici obținută prin metoda celor mai mici pătrate se obține că senzorul are o sensibilitate egală cu 1 $\Omega/(mg/L)$, ceea ce face atractivă o posibilă aplicație industrială.

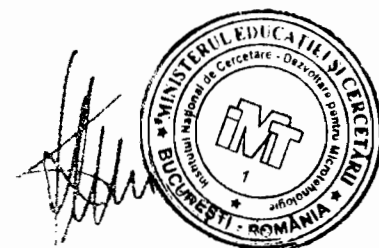
Dupa cum se observă din aceste rezultate, rezistența stratului senzitiv crește proporțional cu creșterea concentrației de etanol. Prezentăm în continuare o explicație a acestui mecanism de detecție porinind de la compoziția stratului senzitiv ternar. Nanohornurile de carbon au conducție electrică prin 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 foarte mare (33%), 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. Intrând mai în detaliu, interacțiunea moleculelor de etanol cu nanohornurile carbonice oxidate poate fi interpretată și din perspectiva teoriei HSAB [16]. Moleculele de etanol sunt considerate baze tari, în vreme ce golurile din structura materialului nanocarbonic pot fi considerate acizi tari. Mecanismul de detecție electrică propus ar fi că grupările de hidroxil, OH⁻, ale etanolului (baze tari Lewis, conform teoriei HSAB) sunt adsorbite pe suprafața nanohornurilor de carbon



cu conducție prin goluri (considerate acizi tari conform aceleiași teorii) și interacționează cu aceste nanohornuri. Interacțiunea constă în faptul că grupările hidroxil se comportă ca donori de electroni care se recombina cu golurile din nanohorn și astfel se reduce concentrația de goluri (ca purtători majoritari de sarcină electrică) și deci conductibilitatea electrică a întregului compozit ternar scade, ceea ce înseamnă că rezistența electrică crește o dată cu creșterea concentrației de etanol.



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. Raksa, P., Gardchareon, A., Chairuangri, T., Mangkorntong, P., Mangkorntong, N., & Choopun, S. (2009). Ethanol sensing properties of CuO nanowires prepared by an oxidation reaction. *Ceramics International*, 35(2), 649-652.
7. 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
8. 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
9. Ying, Z., Wan, Q., Song, Z. T., & Feng, S. L., SnO₂ nanowhiskers and their ethanol sensing characteristics. *Nanotechnology*, 15(11), 1682, 2004. 205
10. Chen, Y., Zhu, C., & Wang, T., The enhanced ethanol sensing properties of multi-walled 206 carbon nanotubes/SnO₂ core/shell nanostructures. *Nanotechnology*, 17(12), 3012, 2006. 207
11. Chen, Y. J., Nie, L., Xue, X. Y., Wang, Y. G., & Wang, T. H., Linear ethanol sensing of SnO₂ nanorods with extremely high sensitivity. *Applied Physics Letters*, 88(8), 083105, 2006.
12. 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;
13. Someya, T., Small, J., Kim, P., Nuckolls, C., & Yardley, J. T. (2003). Alcohol vapor sensors based on single-walled carbon nanotube field effect transistors. *Nano letters*, 3(7), 877-881



1

14. 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*.
15. 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.
16. Pearson, R. G. (1968). Hard and soft acids and bases, HSAB, part I: Fundamental principles. *Journal of Chemical Education*, 45(9), 581, Pearson, R. G. (1968). Hard and soft acids and bases, HSAB, part II: Underlying theories. *Journal of Chemical Education*, 45(10), 643).



Revendicări

1. Senzor rezistiv de monitorizare a concentrației 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/SnO₂/polivinilpirolidonă.
2. Amestecul ternar constituit din nanohornuri carbonice oxidate/ SnO₂/polivinilpirolidonă, utilizat în condițiile revendicării 1, **se caracterizează prin aceea că** conține nanohornuri carbonice oxidate, SnO₂ și polivinilpirolidonă în proporții echimolice.
3. Polivinilpirolidona utilizată în condițiile revendicării 1 **se caracterizează prin aceea că** are o masa moleculară care variază în intervalul 10 000 - 40.000 Da.
4. Substratul dielectric utilizat în condițiile revendicării 1 **se caracterizează prin aceea că** poate fi construit din Si/SiO₂, policarbonat (Lexan), polietilennaftalat (PEN), Kapton și poate avea o grosime între 50 micrometri 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 (aluminiu, 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/SnO₂/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/SnO₂/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 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.



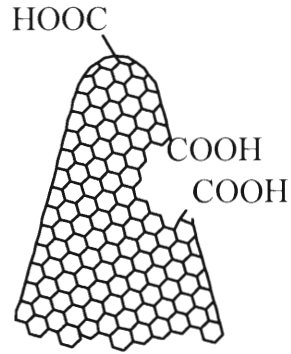


Fig. 1

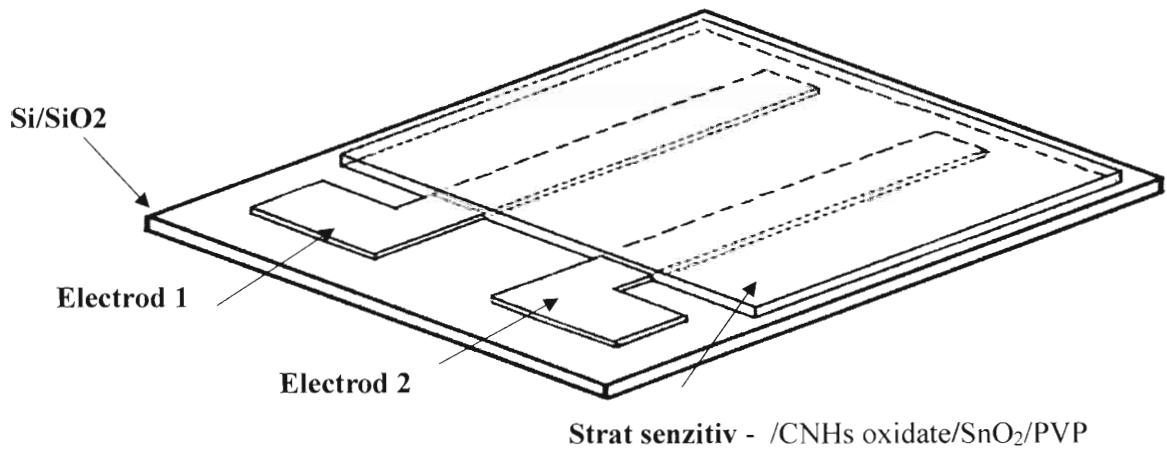


Fig. 2



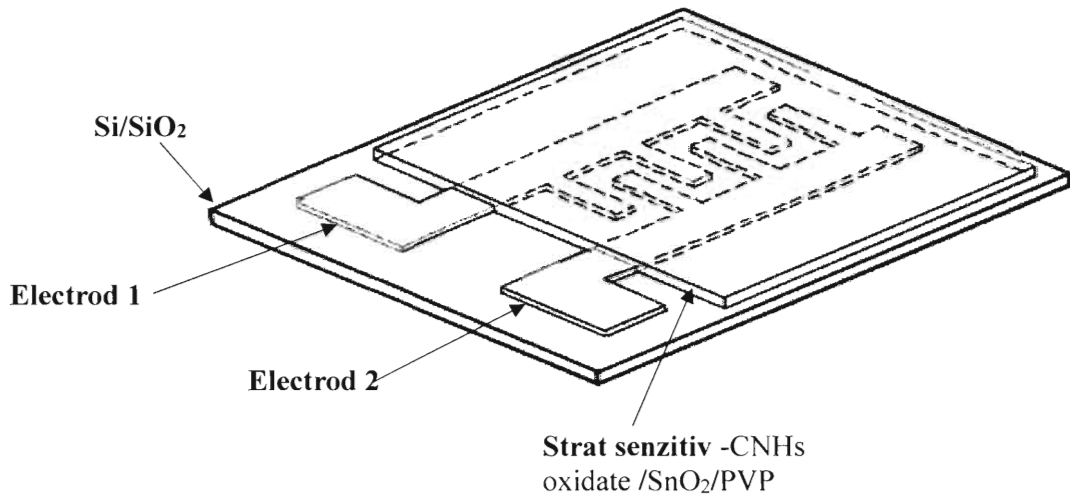


Fig. 3

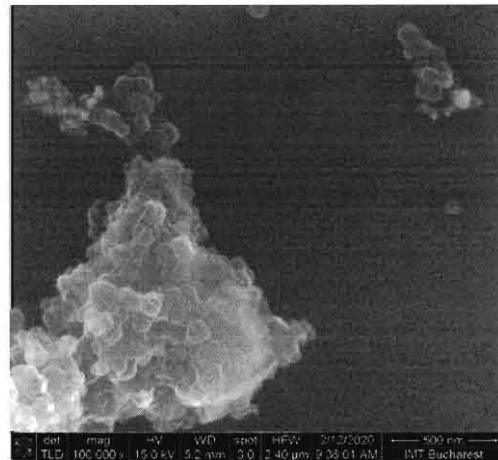
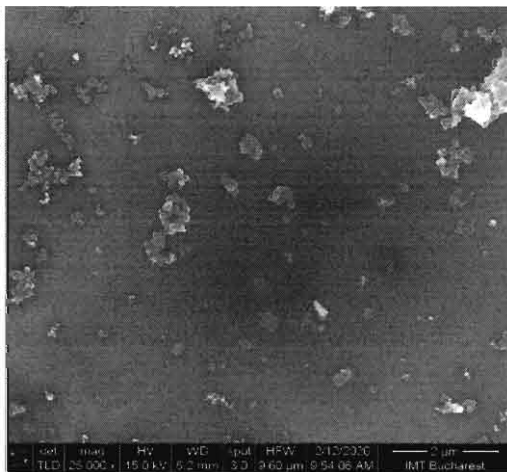


Fig. 4





Fig. 5

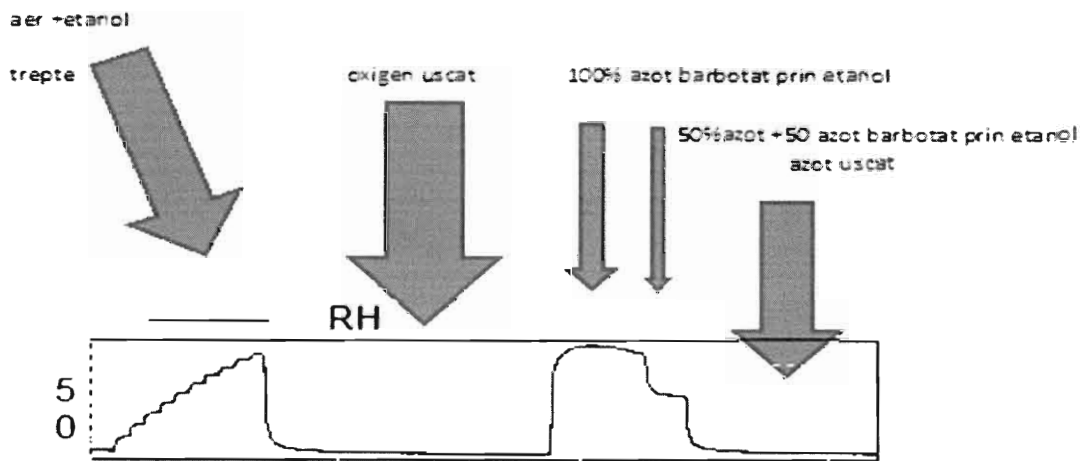


Fig. 6



5

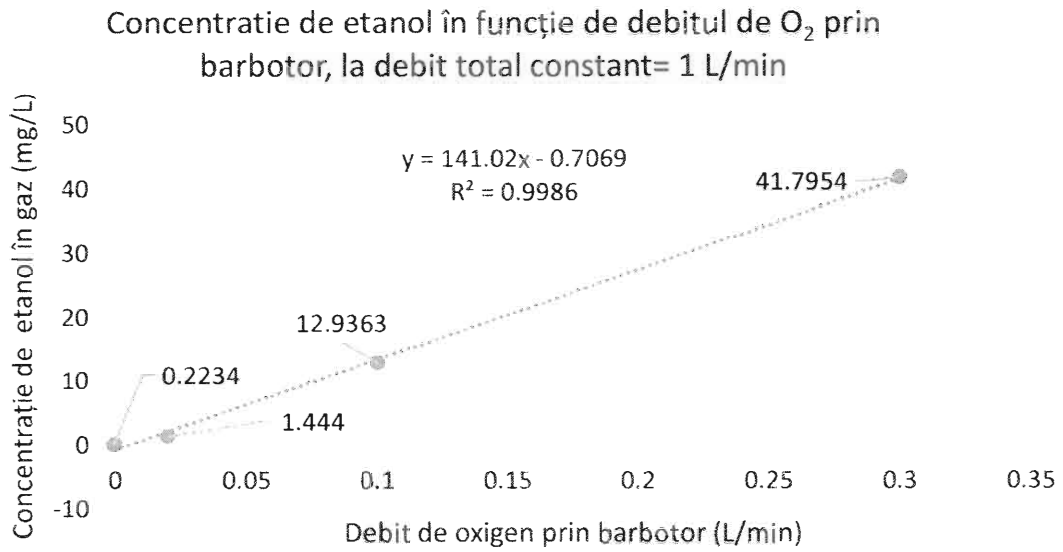


Fig. 7

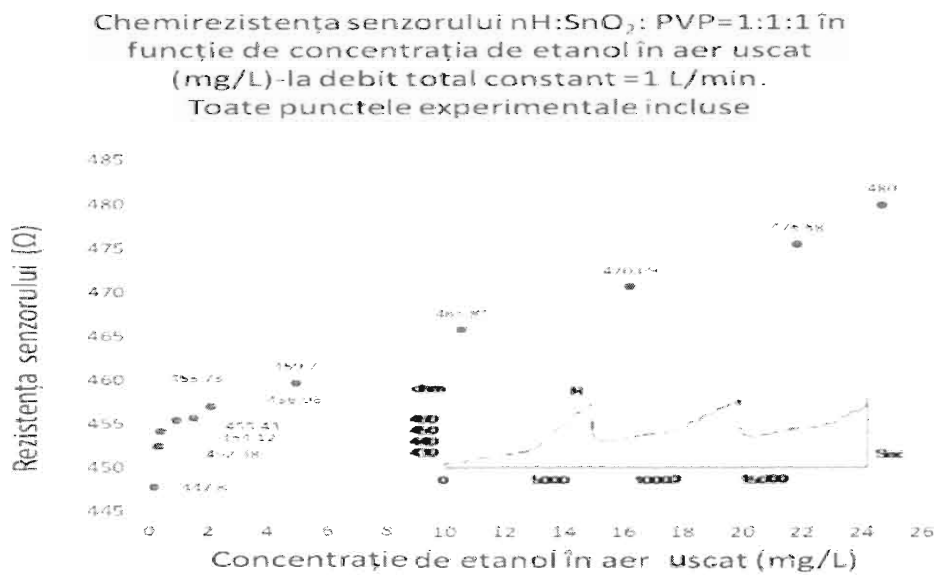


Fig. 8



4

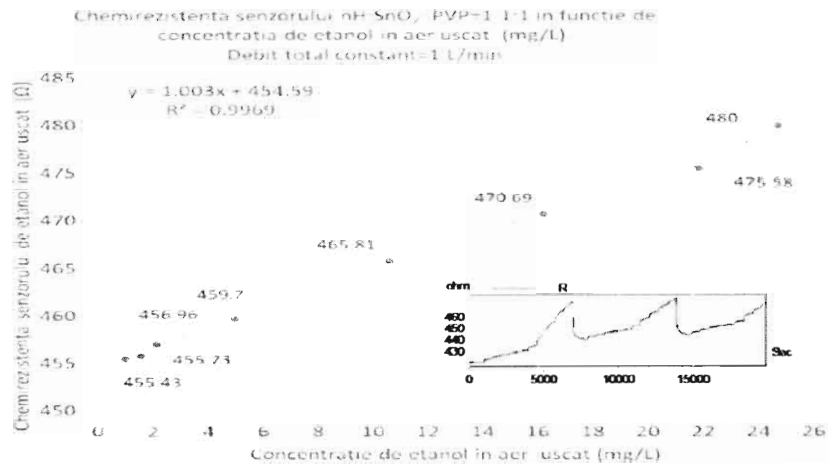


Fig. 9

