

(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2020 00479

(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;
• MARINESCU MARIA ROXANA,
ȘOS. IANCULUI NR.68, ET.1, AP.2,
SECTOR 2, BUCUREȘTI, B, RO

(54) SENZOR REZISTIV PENTRU UMIDITATE RELATIVĂ

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un senzor rezistiv de monitorizare a umidității relative în diverse domenii de activitate casnică și industrială, precum domeniul medical, industria farmaceutică, agricultura, meteorologie, industria prelucrării lemnului, industria electronică și alte domenii asemenea. Senzorul conform invenției este constituit din următoarele elemente:

1) un substrat dielectric construit din Kapton, PET, sau Si/SiO₂ și pot avea o grosime cuprinsă între 50 μm și 5 mm,

2) o pereche de electrozi metalici liniari sau cu configurație interdigitată care se depun pe suprafața substratului dielectric prin printare directă, pulverizare catodică sau prin evaporare, electrozi care pot fi constituiți din același material respectiv Au sau Cr sau din materiale diferite, și

3) un strat senzitiv, depus peste substratul de Kapton cu electrozi liniari sau interdigitați, constituit dintr-un film subțire de compozit binar precum:

a) nanohornuri carbonice oxidate/lignosulfonat de Na,

b) materiale nanocarbonice oxidate de tip ceapă/lignosulfonat de Na, sau

c) nanocompozit ternar precum nanohornuri carbonice oxidate/ materiale nanocarbonice oxidate de tip ceapă/lignosulfonat de Na, straturile senzitive fiind

depusă din soluție apoasă prin metoda " drop casting " și au un conținut procentual masic de material nanocarbonic care variază între 85...95% pentru primele două compoziții, iar pentru nanocompozitul ternar cele două materiale nanocarbonice se află în proporții echimasică.

Revendicări: 16

Figuri: 5

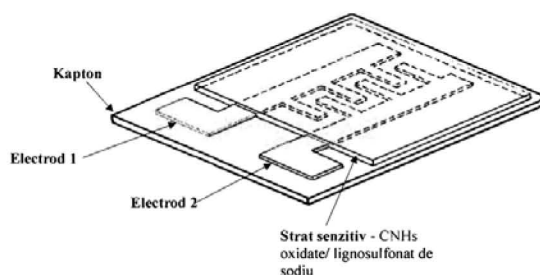
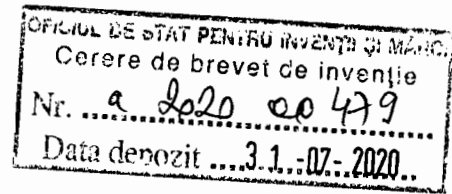


Fig. 5

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).





Descriere

Monitorizarea umidității relative reprezintă un proces de o importanță cardinală, în diverse domenii de activitate casnică și industrială, precum controlul calității aerului în spații închise, industria textilă și a hârtiei, domeniul medical (aparate de respirat, incubatoare, incinte de sterilizare), industria farmaceutică (controlul calității și depozitarea medicamentelor), agricultura (silozuri, controlul umidității solului), meteorologie, industria prelucrării lemnului, transport (alimente, medicamente), industria electronică, etc. [1-3]. Astfel, piața senzorilor de umiditate este în expansiune, fabricarea și comercializarea senzorilor de umiditate devenind o prioritate în ultimele decade.

Alături de oxizi metalici semiconductori precum In_2O_3 , WO_3 , etc., [4, 5], materiale ceramice poroase ($\text{TiO}_2\text{-K}_2\text{Ti}_6\text{O}_{13}$) [6], polimeri (polianilina) [7], electroliți (KCl) [8], perovskiți [9] materialele nanocarbonice sunt utilizate în mod intensiv ca elemente de sensing în designul senzorilor de umiditate [10, 11].

Lignosulfonatul de sodiu este un polielectrolit anionic eterogen, constituit din entități cu greutatea moleculară și structuri diferite.

Sarea de sodiu a acidului lignosulfonic (Fig. 1) este un agent de dispersie utilizat pe larg în procesul de vopsire a fibrelor și a țesăturilor.

Brevetul de invenție **KR101359957B1** cu titlul “*Carbon nano tube and silver nano wire dispersion liquid of one component type, Method for manufacturing conductive coating substrate using the same*” (신권우한중훈강효경) se referă la o metodă de sinteză a unui substrat conductiv utilizând o dispersie care conține nanotuburi de carbon, nanofire de argint (AgNWs) și un dispersant precum acidul lignosulfonic (folosit ca atare sau sub formă de sare de sodiu).

Nanotuburile de carbon utilizate pot fi cu un perete, cu doi sau mai mulți pereți (simple sau funcționalizate). Nanofirele de argint au un diametru care variază între 10 și 100 nm și o lungime între 10 și 100 μm . Raportul masic nanofire de argint/ nanotuburi de carbon variază între 1/50 la 50/1, preferabil 1/10 și 10/1.

Cererea de brevet de invenție **US20030055007A1** cu titlul “*Antimicrobial agents*” (Kazuo Sakuma) se referă la sinteza unor compoziții cu proprietăți antivirale și antimicrobiene, în care constituenții activi pot fi guaiacol, acid lignosulfonic, 2,6-dimetoxifenol, 3,5-dimetoxifenol, lignosulfonatul de sodiu, 4-benziloxiguaiacilglicerol- β -guaiacileter, siringaldehida, etc.

Compozițiile sintetizate prezintă eficacitate împotriva *E.coli* O157, *K.pneumoniae*, *S.Enteritidis*, *P.aeruginos*, *S.aureus* și *B.subtilis*.

Brevetul de invenție **CN102516784B** cu titlul “*Conductive composition containing poly(3,4-ethylenedioxythiophene)/lignosulfonic acid and preparation method thereof*” (邱学青 邓永红



赵大成 杨东杰 庞煜霞 周明松 肖亮) se referă la o compoziție conductive poli(3,4-etilenedioxitiofen)/ acid lignosulfonic, precum și la o metoda de preparare a acesteia.

Sinteza cuprinde următoarele etape: 1) oxidarea și polimerizarea chimică a 100 de părți în greutate de monomer (3,4-etilendioxitiofen) și 170-300 de părți în greutate a unui oxidant în 100-1.000 de părți în greutate a unei soluții apoase în care acid lignosulfonic este utilizat drept „carrier”; 2) adăugarea a 200-500 de părți în greutate a unui solvent neapos, 10-100 părți în greutate a unui compus polihidroxi aromatic și 50-200 părți în greutate a unui agent de legătură pentru a obține compoziția conductivă care conține poli (3,4-etilendioxitiofen)). Compoziția se remarcă prin cost de producție scăzut, transparență, aderență ridicată și conducție excelentă.

Nanohornurile carbonice sunt materiale cu o structură tubulară, înrudite cu nanotuburile de carbon [12]. Ele se pot sintetiza prin ablația laser a grafitului. Nanohornurile carbonice oxidate (Fig. 2) au un caracter hidrofil, sunt ușor dispersabile în apă și solvenți organici precum etanol, alcool izopropilic, au o suprafață specifică mare (1300-1400 m²/g) [13].

Cererea de brevet de invenție **RO133635A2** cu titlul "*Strat senzitiv pentru senzor de etanol si procedeu de obtinere a acestuia*" (Bogdan- Cătălin Șerban, 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- Cu(CH₃COO)₂ · 2H₂O, 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 **RO133636A2** cu titlul "*Senzor chemirezistiv de etanol*" (Bogdan Cătălin Șerban, 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 TiO₂/ La₂O₃/nanohornuri carbonice oxidate. Conform teoriei HSAB, etanolul este clasificat ca o bază tare, în timp ce TiO₂ (prin ionii de Ti⁴⁺) precum și La₂O₃ (prin ionii La³⁺) sunt acizi tari, astfel încât o interacție de tip "hard acid - hard base" între analit și stratul senzitiv fiind foarte probabilă.

Sinteza nanohornurilor oxidate se realizează prin două metode diferite, utilizând tratamentul în plasma de oxigen și respectiv oxidarea cu apă oxigenată la 100°C.

Cererea de brevet de invenție **RO133637A2** cu titlul "*Senzor de etanol si procedeu de obtinere a acestuia*" (Bogdan Cătălin Șerban, Octavian Buiu, Cornel Cobianu, Octavian Narcis Ionescu, Dragoș-Alexandru-Cristian Vârșescu, Maria Roxana Marinescu, Niculae Dumbrăvescu) se referă la un senzor rezistiv de etanol utilizând ca straturi senzitive matrice nanocompozite Sm₂O₃/nanohornuri carbonice oxidate, Gd₂O₃/nanohornuri carbonice oxidate,



In_2O_3 / nanohomuri carbonice oxidate. Rezistența senzorului variază proporțional cu concentrația etanolului în gazul analizat.

Materialele nanocarbonice de tip ceapă ("carbon nano-onions"- CNOs) au fost sintetizate în premieră de către Ugarte în 1992 prin iradierea cu electroni a funinginei [14]. Din punct de vedere structural, CNOs aparțin familiei fullerene și sunt constituite din straturi grafitice cvasi-sferice sau de formă poliedrică [15].

Oxidările cu acid azotic diluat sau ozon conduc la formarea unor structuri nanocarbonice de tip ceapă, funcționalizate cu grupări hidrofile de tip carboxil, hidroxil, carbonil (Ox- CNOs) care măresc semnificativ solubilitatea CNOs (Fig. 3) în solvenți polari precum apă metanol, tetrahidrofuran, propanol, etc. Avantajul incontestabil al acestor oxidări blânde constă în faptul că prezervă în bună măsură structura și proprietățile fizico-chimice tipice materialului nanocarbonic supus oxidării [16, 17].

Datorită proprietăților fizico-chimice remarcabile (excelentă conductivitate electrică, suprafață specifică ridicată, mezoporozitate mare), CNOs se utilizează în designul senzorilor chimici [18-20].

Brevetul de invenție **EP2154520B1** cu titlul "*Gas sensor, gas measuring system using the gas sensor, and gas detection method*" (Yasuhiko Kasama, Kenji Omote, Kuniyoshi Yokoo, Yuzo Mizobuchi, Haruna Oizumi, Morihiko Saida, Hiroyuki Sagami, Kazuaki Mizokami, Takeo Furukawa, Yasuhiko Kasama, Kenji Omote, Kuniyoshi Yokoo, Yuzo Mizobuchi, Haruna Oizumi, Morihiko Saida, Hiroyuki Sagami, Kazuaki Mizokami, Takeo Furukawa) se referă la un senzor rezistiv de gaze în care stratul senzitiv poate fi constituit dintr-un material nanocarbonic precum nanocepe, nanotuburi de carbon, fulerene. Conductivitatea stratului senzitiv variază proporțional cu concentrația gazului ce urmează a fi analizat.

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

Straturile senzitive descrise în această invenție, utilizate pentru obținerea unor senzori rezistivi de umiditate, sunt nanocompozite binare de tipul: a) nanohornuri carbonice oxidate/lignosulfonat de sodiu; b) materiale nanocarbonice oxidate de tip ceapă/lignosulfonat de sodiu sau nanocompozite ternare de tipul nanohornuri carbonice oxidate/ materiale nanocarbonice oxidate de tip ceapă/lignosulfonat de sodiu.

Utilizarea nanocompozitelor binare și ternare descrise mai sus, depuse ca straturi senzitive prin metoda "drop casting" pe un substrat dielectric de Kapton sau Si/SiO_2 , prezintă câteva avantaje semnificative:

- modificarea rapidă a rezistenței stratului senzitiv la variații ale valorii umidității relative;
- îmbunătățirea proprietăților mecanice și procesabilitatea stratului senzitiv;
- prezența materialelor nanocarbonice conferă un raport mare suprafață specifică / volum;
- detecție pe un domeniu larg de temperatură;
- caracterul hidrofil al nanohornurilor carbonice oxidate, precum și al materialelor nanocarbonice oxidate de tip ceapă;



•caracterul dispersant al lignosulfonatului de sodiu care facilitează obținerea unui strat senzitiv cu o distribuție uniformă a materialului nanocarbonic;

Substratul dielectric este din Kapton și poate avea o grosime între 50 micrometri și 5 milimetri. Electrozii se pot depune pe suprafața substratului dielectric prin printare directă, pulverizare catodică sau evaporare. Electrozii pot fi constituiți din același material (crom, aur) sau din materiale diferite. Ei pot fi liniari (**Fig. 4**) sau pot avea o configurație interdigitată (**Fig. 5**).

Din punct de vedere al principiului de detecție, rezistența stratului conductiv variază cu nivelul umidității relative. Capacitatea de monitorizare a umidității relative a fost investigată prin aplicarea unui curent constant între cei doi electrozi și măsurarea tensiunii la diferite valori ale nivelului de umiditate relativă la care a fost expus stratul sensibil.

În cele ce urmează se prezintă etapele necesare pentru obținerea straturilor senzitive la umiditate relativă precum și pentru obținerea senzorilor chemirezistivi de umiditate relativă.

Exemplul 1

Materiile prime necesare sintezei stratului senzitiv sunt, în primul caz, lignosulfonatul de sodiu și nanohornurile carbonice oxidate.

- 1) Soluția de lignosulfonat de sodiu în apă se prepară prin dizolvarea a 15 mg polimer în 100 mL apă deionizată, sub agitare magnetică (3h, la temperatura camerei).
- 2) Ulterior se adaugă soluției preparate anterior 85 mg nanohornuri carbonice oxidate și se continuă agitarea magnetică timp de 2 ore, la temperatura camerei.
- 3) Soluția obținută se depune prin metoda "drop casting", utilizând un substrat de Kapton cu electrozi liniari sau cu electrozi interdigați (după ce în prealabil s-a realizat mascarea zonei de contacte).
- 4) Stratul senzitiv obținut, deșus pe substrat, se usucă în etuvă, la 80°C, timp de 60 minute.

Exemplul 2

Procesul de obținere a stratului senzitiv parcurge următoarele etape:

- 1) Substratul din Si/SiO₂ este curățat timp de 10 minute în baia de ultrasonare, utilizând secvențial volume egale de acetonă, etanol și, în final, apă deionizată.
- 2) Materiale nanocarbonice de tip ceapă (CNOs) se sintetizează din nanodiamant, prin tratament termic la 1650°C, în atmosferă de heliu.
- 3) Sinteza materialelor nanocarbonice oxidate (hidrofile) de tip ceapă se realizează prin reacția cu acid azotic 3M, la reflux, timp de 48 h. Produsul obținut se spală cu apă deionizată, acetonă, și în final, cu apă deionizată.



- 4) Soluția de lignosulfonat de sodiu în apă se prepară prin dizolvarea a 10 mg polimer în 10 mL apă deionizată, sub agitare magnetică (3h, la temperatura camerei).
- 5) Ulterior se adaugă soluției preparate anterior 90 mg materiale nanocarbonice oxidate (hidrofile) de tip ceapă și se continuă agitarea magnetică timp de 3 ore, la temperatura camerei.
- 6) Soluția obținută se depune prin metoda "drop casting", utilizând un substrat de Kapton cu electrozi liniari sau cu electrozi interdigitați (după ce în prealabil s-a realizat mascarea zonei de contacte).
- 7) Stratul senzitiv obținut, depus pe substrat, se usucă în etuvă, la 100°C, in vid, timp de 60 minute.

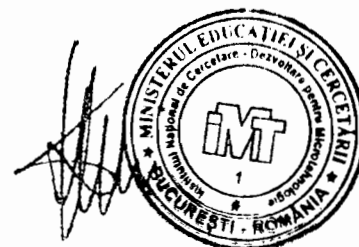


Referințe

1. Rittersma, Z. M. (2002). Recent achievements in miniaturized humidity sensors—a review of transduction techniques. *Sensors and Actuators A: Physical*, 96(2-3), 196-210.
2. Chen, Z., Lu, C. (2005). Humidity sensors: a review of materials and mechanisms. *Sensor Letters*, 3(4), 274-295.
3. Lee, C. Y., Lee, G. B. Humidity sensors: a review. *Sensor Letters*, 2005, 3(1-1), 1 – 15.
4. Kleperis, J., Kundzinš, M., Vitiņš, G., Eglītis, V., Vaivars, G., & Lūsis, A. (1995). Gas-sensitive gap formation by laser ablation in In_2O_3 layer: application as humidity sensor. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 28(2), 135-138.
5. Dai, C. L., Liu, M. C., Chen, F. S., Wu, C. C., & Chang, M. W. (2007). A nanowire WO_3 humidity sensor integrated with micro-heater and inverting amplifier circuit on chip manufactured using CMOS-MEMS technique. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 123(2), 896-901.
6. Yeh, Y. C., Tseng, T. Y., & Chang, D. A. (1990). Electrical Properties of $\text{TiO}_2\text{-K}_2\text{Ti}_6\text{O}_{13}$ Porous Ceramic Humidity Sensor. *Journal of the American Ceramic Society*, 73(7), 1992-1998.
7. Jain, S., Chakane, S., Samui, A. B., Krishnamurthy, V. N., & Bhoraskar, S. V. (2003). Humidity sensing with weak acid-doped polyaniline and its composites. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 96(1-2), 124-129.
8. Geng, W., Yuan, Q., Jiang, X., Tu, J., Duan, L., Gu, J., & Zhang, Q. (2012). Humidity sensing mechanism of mesoporous MgO/KCl-SiO_2 composites analyzed by complex impedance spectra and bode diagrams. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 174, 513-520.
9. Xu, W., Li, F., Cai, Z., Wang, Y., Luo, F., & Chen, X. (2016). An ultrasensitive and reversible fluorescence sensor of humidity using perovskite $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbBr}_3$. *Journal of Materials Chemistry C*, 4(41), 9651-9655.
10. Yuan, Z., Tai, H., Ye, Z., Liu, C., Xie, G., Du, X., & Jiang, Y. (2016). Novel highly sensitive QCM humidity sensor with low hysteresis based on graphene oxide (GO)/poly (ethyleneimine) layered film. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 234, 145-154.
11. Bi, H., Yin, K., Xie, X., Ji, J., Wan, S., Sun, L., ... & Dresselhaus, M. S. (2013). Ultrahigh humidity sensitivity of graphene oxide. *Scientific Reports*, 3(1), 1-7.
12. S. Iijima et al, Nano-aggregates of single-walled graphitic carbon nano-horns, *Chemical Physics Letters*, 309 3-4, 165-170, (1999).
13. S. Zhu and G. Xu, Single-walled carbon nanohorns and their applications, *Nanoscale*, 2(12), 2538-2549, (2010).
14. Ugarte, D. (1992). Curling and closure of graphitic networks under electron-beam irradiation. *Nature*, 359 (6397), 707 – 709.
15. Bartelmeš J, Giordani S. Carbon nano-onions (multilayer fullerenes): Chemistry and applications. *Beilstein J Nanotechnol.* 2014;5:1980–8.



16. Mykhailiv, O., Lapinski, A., Molina-Ontoria, A., Regulska, E., Echevoyen, L., Dubis, A. T., & Plonska-Brzezinska, M. E. (2015). Influence of the Synthetic Conditions on the Structural and Electrochemical Properties of Carbon Nano-Onions. *ChemPhysChem*, 16(10), 2182-2191.
17. Plonska-Brzezinska, M. E., Lapinski, A., Wilczewska, A. Z., Dubis, A. T., Villalta-Cerdas, A., Winkler, K., & Echevoyen, L. (2011). The synthesis and characterization of carbon nano-onions produced by solution ozonolysis. *Carbon*, 49(15), 5079-5089.
18. Mohapatra, J., Ananthoju, B., Nair, V., Mitra, A., Bahadur, D., Medhekar, N. V., & Aslam, M. (2018). Enzymatic and non-enzymatic electrochemical glucose sensor based on carbon nano-onions. *Applied Surface Science*, 442, 332-341.
19. Breczko, J., Plonska-Brzezinska, M. E., & Echevoyen, L. (2012). Electrochemical oxidation and determination of dopamine in the presence of uric and ascorbic acids using a carbon nano-onion and poly (diallyldimethylammonium chloride) composite. *Electrochimica Acta*, 72, 61 – 67.
20. Bartolome, J. P., Echevoyen, L., & Fragoso, A. (2015). Reactive carbon nano-onion modified glassy carbon surfaces as DNA sensors for human papillomavirus oncogene detection with enhanced sensitivity. *Analytical Chemistry*, 87(13), 6744-6751.



7

Revendicări

1. Senzor rezistiv de monitorizare a umidității relative **caracterizat prin aceea că** este alcătuit dintr-un substrat dielectric, electrozi metalici și un strat senzitiv constituit dintr-un film subțire de nanocompozit binar precum: a) nanohornuri carbonice oxidate/lignosulfonat de sodiu; b) materiale nanocarbonice oxidate de tip ceapă/lignosulfonat de sodiu sau nanocompozit ternar precum nanohornuri carbonice oxidate/materiale nanocarbonice oxidate de tip ceapă/lignosulfonat de sodiu.
2. Substratul dielectric utilizat în condițiile revendicării 1 **se caracterizează prin aceea că** poate fi construit din Kapton, PET, Si/SiO₂ și poate avea o grosime cuprinsă între 50 micrometri și 5 milimetri.
3. Electrozii utilizați în condițiile revendicării 1 **se caracterizează prin aceea că** se depun pe suprafața substratului dielectric prin printare directă, pulverizare catodică sau evaporare.
4. Electrozii utilizați în condițiile revendicării 1 **se caracterizează prin aceea că** pot fi constituiți din același material (aur, crom) sau din materiale diferite.
5. Electrozii utilizați utilizați în condițiile revendicării 1 **se caracterizează prin aceea că** pot fi liniari sau pot avea o configurație interdigitată.
6. Stratul senzitiv de tipul nanohornuri carbonice oxidate/lignosulfonat de sodiu, utilizat în condițiile revendicării 1, **se caracterizează prin aceea că** are un conținut procentual masic de material nanocarbonic ce variază între 85 și 95%.
7. Stratul senzitiv de tipul nanohornuri carbonice oxidate/lignosulfonat de sodiu, utilizat în condițiile revendicării 1, **se caracterizează prin aceea că** se depune din soluție apoasă prin metoda "drop casting" pe substratul de Kapton cu electrozi liniari.
8. Stratul senzitiv de tipul nanohornuri carbonice oxidate/lignosulfonat de sodiu, utilizat în condițiile revendicării 1, **se caracterizează prin aceea că** se depune din soluție apoasă prin metoda "drop casting" pe substratul de Kapton cu electrozi interdigați.
9. Stratul senzitiv de tipul materiale nanocarbonice oxidate de tip ceapă /lignosulfonat de sodiu, utilizat în condițiile revendicării 1, **se caracterizează prin aceea că** are un conținut procentual masic de material nanocarbonic ce variază între 85 și 95%.
10. Stratul senzitiv de tipul materiale nanocarbonice oxidate de tip ceapă /lignosulfonat de sodiu, utilizat în condițiile revendicării 1, **se caracterizează prin aceea că** se depune din soluție apoasă prin metoda "drop casting" pe substratul de Kapton cu electrozi liniari.
11. Stratul senzitiv de tipul materiale nanocarbonice oxidate de tip ceapă /lignosulfonat de sodiu, utilizat în condițiile revendicării 1, **se caracterizează prin aceea că** se depune din soluție apoasă prin metoda drop casting pe substratul de Kapton cu electrozi interdigați.
12. Stratul senzitiv format din nanocompozitul ternar nanohornuri carbonice oxidate/materiale nanocarbonice oxidate de tip ceapă /lignosulfonat de sodiu, utilizat în condițiile revendicării



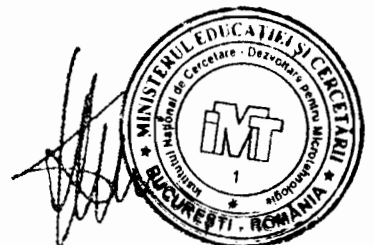
1, **se caracterizează prin aceea că** are un conținut procentual masic de material nanocarbonic ce variază între 85 și 95%.

13. Stratul senzitiv format din nanocompozitul ternar nanohornuri carbonice oxidate/materiale nanocarbonice oxidate de tip ceapă /lignosulfonat de sodiu, utilizat în condițiile revendicării 1, **se caracterizează prin aceea că** cele două materiale nanocarbonice se află în proporții echimase.

14. Stratul senzitiv format din nanocompozitul ternar nanohornuri carbonice oxidate/materiale nanocarbonice oxidate de tip ceapă /lignosulfonat de sodiu, utilizat în condițiile revendicării 1, **se caracterizează prin aceea că** se depune din soluție apoasă prin metoda "drop casting" pe substratul de Kapton cu electrozi liniari.

15. Stratul senzitiv format din nanocompozitul ternar nanohornuri carbonice oxidate/materiale nanocarbonice oxidate de tip ceapă /lignosulfonat de sodiu, utilizat în condițiile revendicării 1, **se caracterizează prin aceea că** se depune din soluție apoasă prin metoda "drop casting" pe substratul de Kapton cu electrozi interdigitați.

16. Utilizarea senzorilor chemorezistivi obținuți în condițiile revendicărilor 7 - 15 la monitorizarea umidității relative **se caracterizează prin aceea că** se aplică o tensiune între doi electrozi și se măsoară curentul electric care traversează stratul senzitiv la diverse valori ale umidității.



Figuri

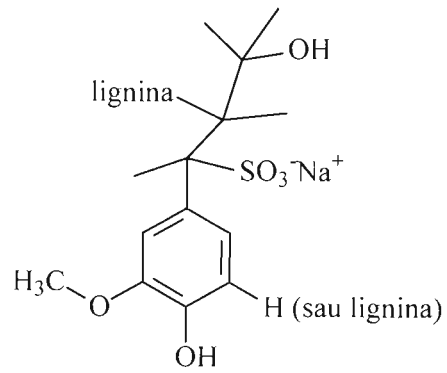


Fig. 1

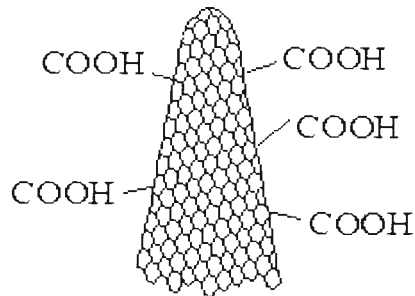


Fig. 2

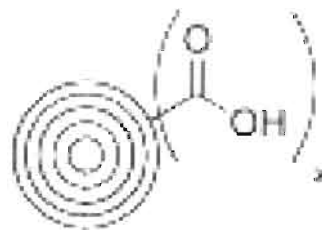


Fig. 3



4

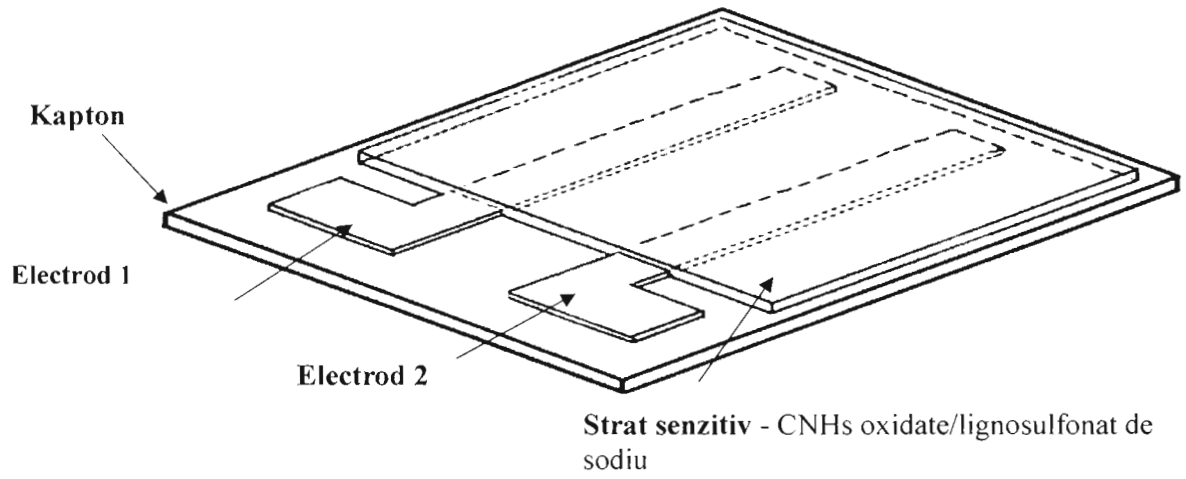


Fig. 4

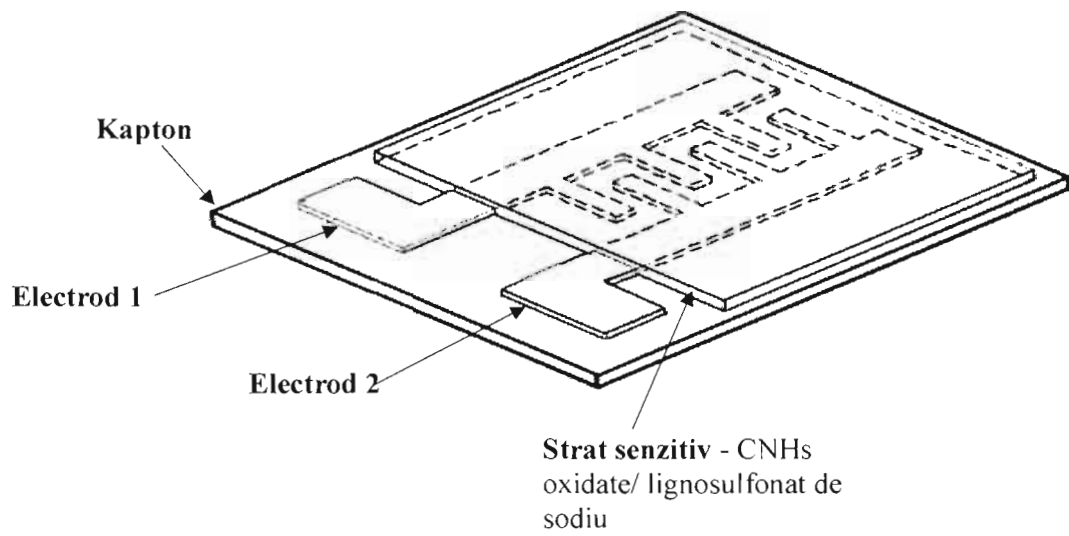


Fig. 5