



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2019 00517

(22) Data de depozit: 28/08/2019

(41) Data publicării cererii:
26/02/2021 BOPI nr. 2/2021

(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.PM70,
AP.80, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO;
• BIU 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;
• AVRAMESCU VIOREL MARIAN,
STR. AGRICULTORI NR.119, BL.80, SC.A,
ET.6, AP.28, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B,
RO;
• DUMBRAVESCU NICULAE,
STR.AGATA BIRSESCU, 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) SENZOR REZISTIV PENTRU MONITORIZAREA UMIDITĂȚII
RELATIVE ȘI PROCEDEU DE OBTINERE A ACESTUIA

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un senzor rezistiv pentru monitorizarea umidității relative și la un procedeu de obținere a acestuia, senzorul fiind utilizat pentru controlul calității aerului în spațiile închise, cum sunt birourile și apartamentele, în industria textilă și a hârtiei, industria farmaceutică, industria auto, în meteorologie, în industria chimică, industria electronică, și altele asemenea. Senzorul conform invenției este constituit dintr-un substrat dielectric realizat din Si/SiO_2 cu grosimea cuprinsă între 50 μm și 5 mm, peste care se depun electrozii, de formă liniară sau cu configurație interdigitată, prin printare directă, pulverizare catodică sau evaporare, putând fi constituiți din același material Al, Cr, Cu sau Au sau din materiale diferite, urmată de depunerea stratului senzitiv. Procedeu conform invenției constă în obținerea unei compoziții ternare formată din nanohornuri carbonice oxidate/fulerenol/poli(acrilamidă-co-acid acrilic)- sare de sodiu parțială, care se sintetizează prin tratarea nanohornurilor carbonice cu acid azotic 3M, la reflux, timp de 24 h, sau se sintetizează prin tratarea nanohornurilor carbonice în plasmă de oxigen sau în plasmă de apă, procentul masic al acestora în compoziția finală a stratului senzitiv fiind cuprinsă între 80...90%, procentul masic

de fulerenol și poli(acrilamidă-co-acid acrilic)-sare de sodiu parțială în amestecurile ternare este cuprins între 5...10%, iar depunerea compoziției obținute pe substratul de Si/SiO_2 cu electrozi liniari sau interdigați se face din soluție apoasă prin metoda "spin coating" sau prin metoda "drop casting".

Revendicări: 15
Figuri: 5

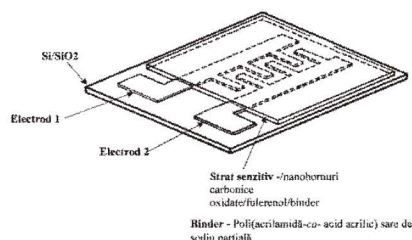


Fig. 5

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).



Senzor rezistiv pentru monitorizarea umidității relative și procedeu de obținere a acestuia

Descriere

Umiditatea este unul dintre parametrii fizici monitorizați cel mai frecvent și are o mare importanță în multiple domenii de activitate casnică și industrială, precum controlul calității aerului în spații închise (birouri, apartamente, sauna, etc.), industria textilă și a hârtiei, industria farmaceutică (depozitarea, sinteza și controlul calității medicamentelor), industria auto (controlul umidității uleiului, linii de asamblare a motoarelor), meteorologie, industria chimică, (uscătoare, purificarea gazelor chimice, cuptoare) industria electronică (plachete, cipuri), etc. [1, 2]. Astfel, fabricarea și comercializarea senzorilor de umiditate performanți au luat o amploare deosebită, devenind o prioritate în ultimii 20 de ani [3, 4].

Alături de oxizi metalici, polimeri hidrofilii, polielectroliți, nanomaterialele de tip carbonic precum oxidul de grafenă, nanotuburile de carbon, nanodiamantul au fost utilizate intensiv în designul și proiectarea senzorilor de umiditate [5].

Deși mai puțin cercetate, fullerenele și derivații acestora au fost investigate ca straturi senzitive pentru monitorizarea umidității relative.

Ding și colab. [6] au realizat un senzor de umiditate de tip microbalanță cu cristal de cuarț (QCM), utilizând ca strat senzitiv un nanocompozit de tipul fulerenă (C60) / oxid de grafenă (GO). Oxidul de grafenă a fost utilizat datorită grupărilor sale funcționale hidrofile. Cu toate acestea, interacțiunea cu moleculele de apă poate crește vâscozitatea filmului senzitiv conducând, finalmente, la deteriorarea acestuia. Astfel, C60 are rolul de a forma straturi de izolare hidrofobă între straturile de GO, diminuând agregarea acestora. S-au realizat senzori cu ambele tipuri de straturi senzitive (GO și C60 /GO), metoda de depunere fiind „drop casting”. Performanța senzorului care are drept strat senzitiv nanocompozitul C60 / GO este îmbunătățită în mod semnificativ.

Li și colab [7] au realizat un senzor de umiditate de tip capacitiv utilizând ca strat senzitiv un nanocompozit de tipul fulerenă (C60) / oxid de grafenă (GO). Acest senzor prezintă o sensibilitate de trei ori mai mare decât cea a senzorului bazat pe filmul de C60.

Radeva și colab [8] au realizat un senzor de umiditate de tip microbalanță cu cristal de cuarț (QCM), utilizând ca strat senzitiv un nanocompozit de tipul fulerenă (C60). Acest strat posedă o sensibilitate ridicată la umiditate și un timp scurt de răspuns în condiții de variație ciclică a umidității aerului.

Saab și colab [9] au testat un senzor de umiditate utilizând ca strat senzitiv un material fulerenic oxidat. Răspunsul său este suficient de rapid pentru a monitoriza respirația unei persoane de la o distanță de 30 cm.

Brevetul de invenție **US9976975B2** cu titlul “Method of making thin film humidity sensors” (Abdullah Mohamed Asiri, Muhammad Tariq Saeed Chani, Sher Bahadar Khan) se referă la un senzor chemirezistiv de umiditate utilizând ca strat senzitiv un compus de tipul ftalocianină de nichel- fulerenă (NiPc-C60). Substratul folosit este constituit din sticlă, electrozii fiind din aluminiu.

Anterior depunerii electrozilor din aluminiu, substratul de sticlă este spălat cu acetonă, într-o baie ultrasonică, timp de 10 minute. După curățare, substratul se spală cu apă deionizată și



apoi se usucă. Amestecul echimasic NiPc-C60 este depus pe spațiul dintre electrozii de aluminiu prin depunere termică prin vapori sau prin metoda drop casting.

Rezistența senzorului prezintă o scădere considerabilă în intervalele de 20-90% RH. Sensibilitatea medie (modificarea rezistenței) a senzorilor având filme NiPc-C60 cu grosimea de 50-200 nm este de $8,17 \times 10^3$ până la $3,74 \times 10^3$ k Ω /% RH la o frecvență de 100 Hz. Sensibilitatea medie scade odată cu creșterea grosimii filmelor și, de asemenea, cu creșterea frecvenței. Schimbarea rezistenței NiPc-C60 datorată modificării umidității poate fi atribuită adsorbției (chimiosorbție și fiziosorbție) și absorbției moleculelor de apă în primul rând și, în al doilea rând, creșterii concentrației de purtători de sarcină și formării complexilor de transfer de sarcină.

Fulerele polihidroxiluate, numite și fulerenoli (Fig 1), sunt compuși derivați de fulerenă care au atașate 12-42 grupări hidroxil/ per moleculă de fulerenă [10]. Fulerenolii sunt compuși solubili în apă, netoxici [11], cu pronunțat caracter antioxidant, având aplicații dintre cele mai diverse [12-14].

Nanohornurile carbonice (Fig. 2) sunt materiale cu o structură tubulară, înrudite cu nanotuburile de carbon [22]. Ele se pot sintetiza prin descărcări în arc, ablația laser a grafitului, etc. Avantajul sintezei nanohornurilor carbonice, în comparație cu obținerea nanotuburilor de carbon, constă în faptul că procesul tehnologic nu necesită prezența unui catalizator metalic. Nanohornurile carbonice oxidate (Fig. 3) au un caracter hidrofil, sunt ușor dispersabile în apă și solvenți organici (etanol, alcool izopropilic) și prezintă o suprafață specifică mare (1300-1400 m²/g) [23].

În pofida numeroaselor aplicații (baterii, celule, solare, supercapacitoare, există un număr relativ mic de studii privind utilizările nanohornurilor carbonice (simple și oxidate) ca straturi senzitive pentru diverse tipuri de gaze [24].

Brevetul de invenție **WO2018146810A1** cu titlul "Dispersion liquid, preparation method thereof, gas sensor and method for manufacturing same" (規之殿内亮太弓削) se referă la un senzor de gaze de tip rezistiv în care stratul senzitiv este constituit din fibre de nanohornuri carbonice. Gazele detectate sunt monoxidul și dioxidul de carbon, oxizii de sulf, oxizii de azot, oxigenul, ozonul, amoniacul, hidrocarburi cum ar fi benzen, toluen, alcooli (metanol, etanol), metiletiletană, diclorometan, etc.

Substratul dielectric poate fi realizat din Parilen, polipropilenă, poliimidă, poliamidă, polietilennaftalat (PEN), polieteretercetonă (PEEK), policarbonat (PC), polietilentereftalat (PET) etc.

Cererea de brevet de invenție **CN105784825A** cu titlul "Preparation and application of electrochemical enzyme sensor based on single-wall carbon nanohorn modified electrode" (君文作瑞牛学良李晓燕孙伟王文成史艳) se referă la un senzor electrochimic enzimatic, cu electrozi modificați pe bază de nanohornuri carbonice. Pasta carbonică modificată cu lichid ionic (hexafluorofosfat de N-hexylpyridinium - HPPF6), este substratul electrodului. Mioglobina și respectiv chitosanul sunt fixați succesiv pe suprafața electrodului.

Cererea de brevet de invenție **CN104569117A** cu titlul "Polymeric alizarin functionalized single-wall carbon nanohorn-based electrochemical sensor" (宋伟 朱超云) se referă la designul unui senzor electrochimic utilizat pentru detecția fenolului și a unor poluanți înrudiți



cu acesta. Nanohornurile carbonice utilizate sunt funcționalizate noncovalent cu roșu de alizarină, proces care asigură atât activitate catalitică materialului nanocarbonic, cât și o creștere a hidrofilicității și, respectiv a solubilității în apă, fără a afecta semnificativ proprietățile de conducție ale nanohornurilor carbonice. Stratul senzitiv final, bazat pe roșu de polializarină, se obține utilizând o metoda de polimerizare electrochimică de voltametrie ciclică. Sensorul electrochimic propus de prezenta invenție folosește excelenta conductivitate a nanohornurilor carbonice cu un singur perete și activitatea electrocatalitică a compușilor fenolici. Compozitul roșu de polializarin / nanohornuri carbonice asigură un timp de răspuns rapid, sensibilitate ridicată, selectivitate bună.

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.

Filmele senzitive descrise în această invenție, care pot fi utilizate pentru obținerea unor senzori rezistivi de umiditate, sunt nanocompozite de tipul *nanohornuri carbonice oxidate/fulerenol/ poli(acrilamidă-co- acid acrilic) -sare de sodiu parțială*.

Nanohornurile carbonice oxidate, se pot obține prin trei proceduri sintetice distincte: 1) oxidarea nanohornurilor carbonice simple cu acid azotic; 2) tratamentul în plasmă de oxigen; 3) tratamentul în plasmă de apă.

Din punct de vedere al principiului de detecție, rezistența stratului conductiv variază cu nivelul umidității relative.

Utilizarea componentelor compozitului propus conferă sensorului câteva avantaje semnificative:

- prezența nanohornurilor carbonice oxidate conferă un raport mare suprafață specifică / volum, afinitate pentru moleculele de apă, precum și o variație a rezistenței stratului senzitiv la contactul cu acestea; caracterul hidrofil al nanohornurilor carbonice oxidate poate fi optimizat prin schimbarea unor parametri operaționali precum puterea plasmei, timpul de expunere, concentrația soluției de acid azotic și timpul de refluxare, etc).
- fulerenolul prezintă un pronunțat caracter antioxidant, proprietăți hidrofiele, compatibilitate bună cu nanohornurile carbonice oxidate, conferă stratului senzitiv excelente proprietăți mecanice.
- Poli(acrilamidă-co- acid acrilic) -sare de sodiu parțială, este un polimer hidrofil ce asigură coeziunea celor doua materiale nanocarbonice, fiind un excelent binder.
- detecție la temperatura camerei.

răspunsul rapid al sensorului la variații ale valorii umidității relative.

Substratul sensorului este realizat din siliciu (470 microni) acoperit cu SiO₂ (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. 5) sau pot avea o configurație interdigitată (Fig.6). 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 sensitive la umiditate relativă, precum și pentru obținerea senzorilor chemirezistivi de umiditate relativă.

Exemplul 1

Materiile prime necesare sintezei stratului senzitiv sunt nanohornurile carbonice (disponibile comercial), apă deionizată, acetonă, acid azotic, fulerenol (disponibil comercial), poli(acrilamidă-co- acid acrilic) -sare de sodiu parțială, disponibilă comercial (Mw= 520.000)

Etapele necesare obținerii stratului senzitiv sunt următoarele:

- 1) Poli(acrilamidă-co- acid acrilic) -sare de sodiu parțială (0,1 g) se dizolvă în 25 mL apă deionizată, și se supune agitării magnetice, timp de 1h, la temperatura camerei.
- 2) Soluției preparate anterior i se adaugă 0,1 g fulerenol și se continuă agitarea magnetică timp de 2 h.
- 3) Sinteza nanohornurilor carbonice oxidate (hidrofile) se realizează prin reacția cu acid azotic 3M, la reflux, timp de 24 h. Produsul obținut se spală cu apă deionizată, acetonă, apă deionizată.
- 4) Soluției preparate în etapa a doua a procesului tehnologic i se adaugă 0,8g nanohornuri carbonice oxidate (hidrofile) sintetizate conform procedurii descrise în etapa a treia.
- 5) Soluția obținută se depune prin metoda spin coating utilizând un substrat de Si/SiO₂ cu electrozi liniari sau cu electrozi interdigitați (după ce în prealabil s-a realizat mascarea zonei de contacte).
- 6) Stratul senzitiv obținut se supune unui tratament termic la 70⁰C, timp de 60 minute, in vid.

Exemplul 2

Materiile prime necesare sintezei stratului senzitiv sunt nanohornurile carbonice (disponibile comercial), apă deionizată, fulerenol (disponibil comercial), poli(acrilamidă-co- acid acrilic) -sare de sodiu parțială, disponibilă comercial (Mw= 520.000).

Etapele necesare obținerii stratului senzitiv sunt următoarele:

- 1) Poli(acrilamidă-co- acid acrilic) -sare de sodiu parțială (0,05 g) se dizolvă în 25 mL apă deionizată, și se supune agitării magnetice, timp de 1h, la temperatura camerei.
- 2) Soluției preparate anterior i se adaugă 0,05 g fulerenol și se continuă agitarea magnetică timp de 2 h.
- 3) Sinteza nanohornurilor carbonice oxidate (hidrofile) se realizează prin tratamentul in plasma de oxigen.



- 4) Soluției preparate în etapa a doua a procesului tehnologic i se adaugă 0,8g nanohornuri carbonice oxidate (hidrofile) sintetizate conform procedurii descrise în etapa a treia.
- 5) Soluția 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).
- 6) Stratul senzitiv obținut se supune unui tratament termic la 80°C, timp de 60 minute, in vid.

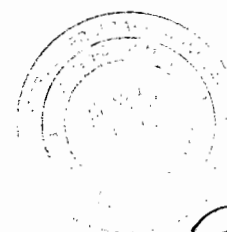


Referințe

1. Lee, C. Y., Lee, G. B. (2005). Humidity sensors: a review. *Sensor Letters*, 3(1-1), 1 – 15.
2. Young, J. F. (1967). Humidity control in the laboratory using salt solutions—a review. *Journal of Applied Chemistry*, 17(9), 241 - 245.
3. Chen, Z., Lu, C. (2005). Humidity sensors: a review of materials and mechanisms. *Sensor Letters*, 3(4), 274 - 295.
4. Alwis, L., Sun, T., & Grattan, K. T. V. (2013). Optical fiber-based sensor technology for humidity and moisture measurement: Review of recent progress. *Measurement*, 46(10), 4052 -4074.
5. Bezzon, V. D., Montanheiro, T. L., de Menezes, B. R., Ribas, R. G., Righetti, V. A., Rodrigues, K. F., & Thim, G. P. (2019). Carbon Nanostructure-based Sensors: A Brief Review on Recent Advances. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2019.
6. Ding, X., Chen, X., Chen, X., Zhao, X., & Li, N. (2018). A QCM humidity sensor based on fullerene/graphene oxide nanocomposites with high quality factor. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 266, 534-542.
7. Li, X., Chen, X., Yu, X., Chen, X., Ding, X., & Zhao, X. (2017). A high-sensitive humidity sensor based on water-soluble composite material of fullerene and graphene oxide. *IEEE Sensors Journal*, 18(3), 962-966.
8. Radeva, E., Georgiev, V., Spassov, L., Koprinarov, N., & Kanev, S. (1997). Humidity adsorptive properties of thin fullerene layers studied by means of quartz micro-balance. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 42(1), 11-13.
9. Saab, A. P., Laub, M., Srdanov, V. I., & Stucky, G. D. (1998). Oxidized Thin Films of C60: A New Humidity-Sensing Material. *Advanced Materials*, 10(6), 462-465.
10. <https://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/aldrich/793248?lang=en®ion=CZ>
11. Semenov, K. N., Charykov, N. A., Postnov, V. N., Sharoyko, V. V., Vorotyntsev, I. V., Galagudza, M. M., & Murin, I. V. (2016). Fullerenols: Physicochemical properties and applications. *Progress in Solid State Chemistry*, 44(2), 59-74.
12. Li, W., Li, N., Sui, B., & Yang, D. (2017). Anti-aging effect of fullerenol on skin aging through derived stem cells in a mouse model. *Experimental and therapeutic medicine*, 14(5), 5045-5050.



13. Semenov, K. N., Charykov, N. A., & Keskinov, V. N. (2011). Fullerenol synthesis and identification. Properties of the fullerenol water solutions. *Journal of Chemical & Engineering Data*, 56(2), 230-239.
14. Lai, H. S., Chen, W. J., & Chiang, L. Y. (2000). Free radical scavenging activity of fullerenol on the ischemia-reperfusion intestine in dogs. *World journal of surgery*, 24(4), 450-454.
15. Yoshitake, T., Shimakawa, Y., Kuroshima, S., Kimura, H., Ichihashi, T., Kubo, Y., Iijima, S. (2002). Preparation of fine platinum catalyst supported on single-wall carbon nanohorns for fuel cell application. *Physica B: Condensed Matter*, 323(1-4), 124-126.
16. Sano, N., & Ukita, S. I. (2006). One-step synthesis of Pt-supported carbon nanohorns for fuel cell electrode by arc plasma in liquid nitrogen. *Materials chemistry and physics*, 99(2-3), 447-450.
17. Zhang, Z., Han, S., Wang, C., Li, J., & Xu, G. (2015). Single-walled carbon nanohorns for energy applications. *Nanomaterials*, 5(4), 1732-1755.
18. Sani, E., Barison, S., Pagura, C., Mercatelli, L., Sansoni, P., Fontani, D., & Francini, F. (2010). Carbon nanohorns-based nanofluids as direct sunlight absorbers. *Optics Express*, 18(5), 5179-5187.
19. Vizuete, M., Gómez-Escalonilla, M. J., Fierro, J. L. G., Sandanayaka, A. S., Hasobe, T., Yudasaka, M., & Langa, F. (2010). A Carbon Nanohorn- Porphyrin Supramolecular Assembly for Photoinduced Electron-Transfer Processes. *Chemistry-A European Journal*, 16(35), 10752-10763.
20. Cruz, R., Brandão, L., & Mendes, A. (2013). Use of single-wall carbon nanohorns as counter electrodes in dye-sensitized solar cells. *International Journal of Energy Research*, 37(12), 1498-1508.
21. Zhao, Y., Li, J., Ding, Y., & Guan, L. (2011). A nanocomposite of SnO₂ and single-walled carbon nanohorns as a long life and high capacity anode material for lithium ion batteries. *RSC Advances*, 1(5), 852-856.



Revendicări

1. Procedeu de preparare a unei noi compoziții ternare *nanohornuri carbonice oxidate/fulerenol/ poli(acrilamidă-co- acid acrilic) -sare de sodiu parțială caracterizat prin aceea că nanohornurile carbonice oxidate (hidrofile)* se sintetizează prin tratarea nanohornurilor carbonice cu acid azotic 3M, la reflux, timp de 24 h și că procentul masic al acestora, în compoziția finală a stratului senzitiv, variază între 80 și 90%.
2. Procedeu de preparare a unei noi compoziții ternare *nanohornuri carbonice oxidate/fulerenol/ poli(acrilamidă-co- acid acrilic) -sare de sodiu parțială caracterizat prin aceea că nanohornurile carbonice oxidate (hidrofile)* se sintetizează prin tratarea nanohornurilor carbonice în plasmă de oxigen și că procentul masic al acestora, în compoziția finală a stratului senzitiv, variază între 80 și 90%.
3. Procedeu de preparare a unei noi compoziții ternare *nanohornuri carbonice oxidate/fulerenol/ poli(acrilamidă-co- acid acrilic) -sare de sodiu parțială caracterizat prin aceea că nanohornurile carbonice oxidate (hidrofile)* se sintetizează prin tratarea nanohornurilor carbonice în plasmă de apă și că procentul masic al acestora, în compoziția finală a stratului senzitiv, variază între 80 și 90%.
5. Procentul masic de fulerenol în amestecurile ternare obținute în condițiile revendicării 1-3 variază între 5 și 10%.
6. Procentul masic de poli(acrilamidă-co- acid acrilic) -sare de sodiu parțială în amestecurile ternare obținute în condițiile revendicării 1-3 variază între 5 și 10%.
7. Substratul dielectric se caracterizează prin aceea că poate fi construit din Si/SiO₂ și poate avea o grosime între 50 micrometri și 5 milimetri.
8. Electrozii utilizați se caracterizează prin aceea că se depun pe suprafața substratului dielectric prin printare directă, pulverizare catodică sau evaporare.
9. Electrozii utilizați se caracterizează prin aceea că pot fi constituiți din același material (aluminiu, crom, cupru, aur) sau din materiale diferite.
10. Electrozii utilizați se caracterizează prin aceea că pot fi liniari sau pot avea o configurație interdigitată.



11. Depunerea compoziției obținute în condițiile revendicărilor 1-3 se face din soluție apoasă și se **caracterizează prin aceea că** se realizează prin metoda “spin coating” pe substratul de Si/SiO₂ cu electrozi liniari.

12. Depunerea compoziției obținute în condițiile revendicărilor 1-3 se face din soluție apoasă și se **caracterizează prin aceea că** se realizează prin metoda “sin coating” pe substratul de Si/SiO₂ cu electrozi interdigitați.

13. Depunerea compoziției obținute în condițiile revendicărilor 1-3 se face din soluție apoasă și se **caracterizează prin aceea că** se realizează prin metoda “drop casting” pe substratul de Si/SiO₂ cu electrozi liniari.

14. Depunerea compoziției obținute în condițiile revendicărilor 1-3 se face din soluție apoasă și se **caracterizează prin aceea că** se realizează prin metoda “drop casting” pe substratul de Si/SiO₂ cu electrozi interdigitați

15. Utilizarea senzorilor chemirezistivi obținuți în condițiile revendicărilor 11 - 14 la monitorizarea umidității 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.



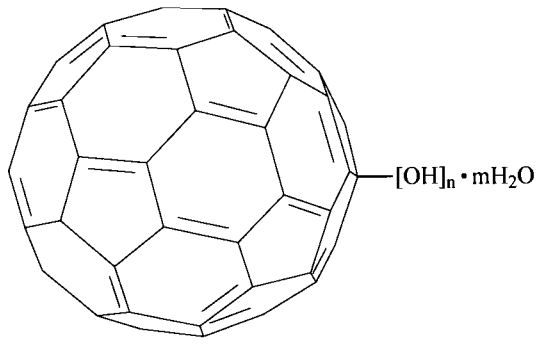


Fig. 1

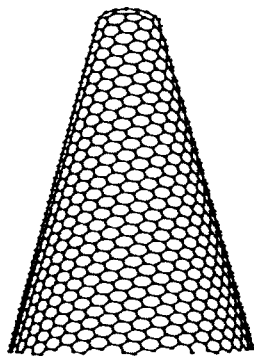


Fig. 2



A circular stamp with text around the perimeter and a signature in the center.

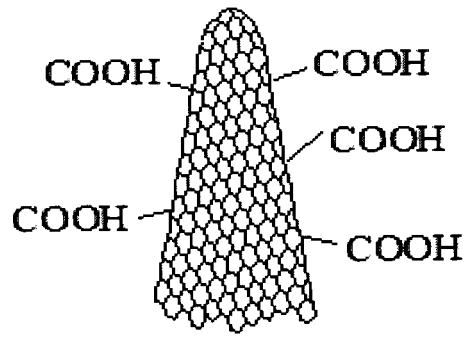


Fig. 3

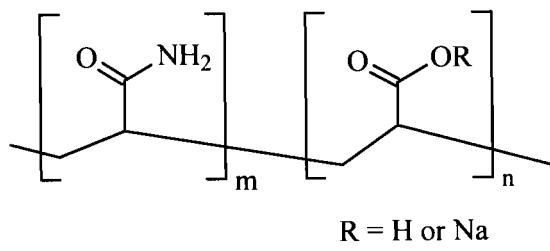
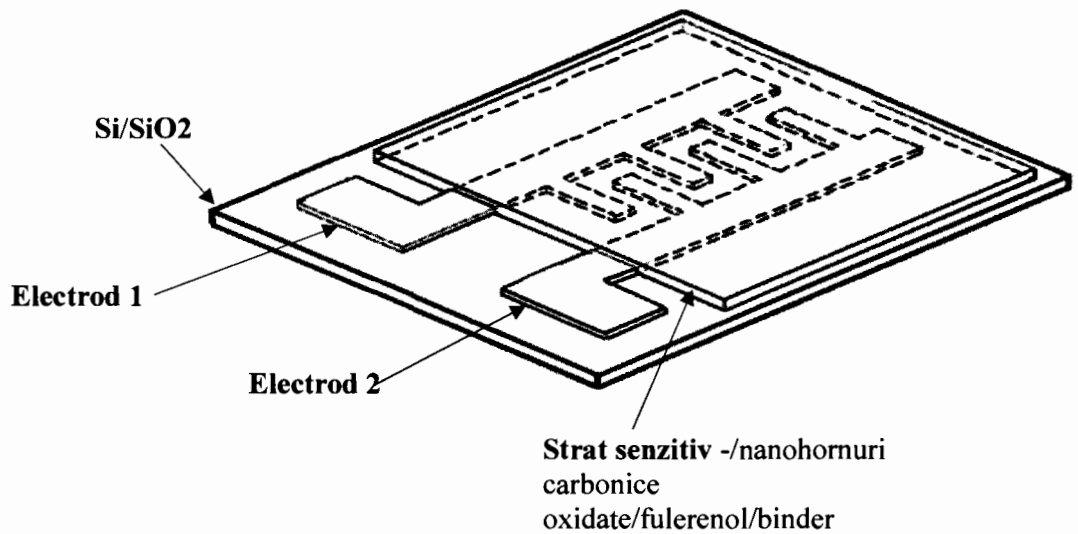
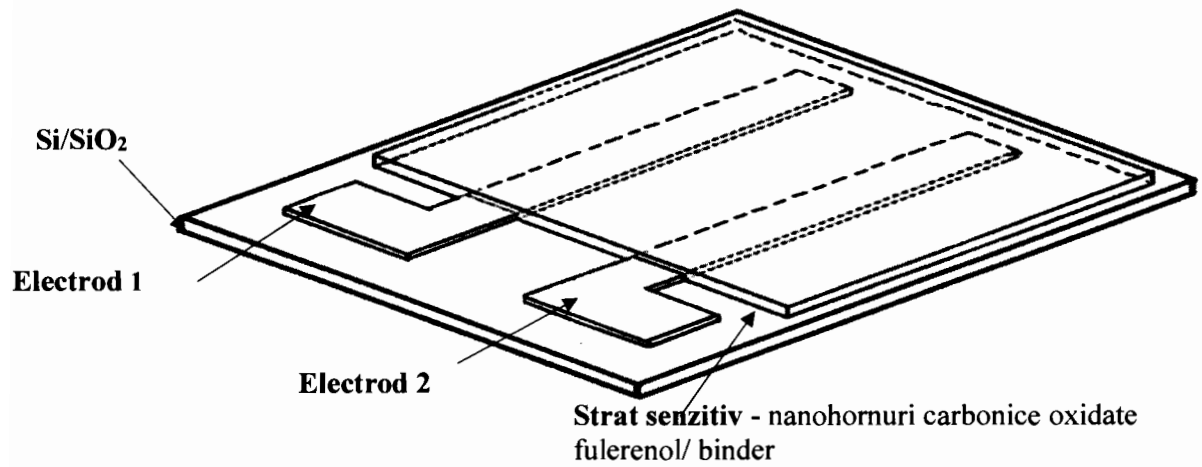


Fig. 4

A circular stamp with some illegible text inside, and a handwritten signature in black ink to its right.



Binder - Poli(acrilamidă-co- acid acrilic) sare de sodiu parțială

Fig. 5

