



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2020 00481

(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;  
• 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

(54) STRAT SENZITIV TERNAR PENTRU SENZOR REZISTIV  
DE UMIDITATE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un senzor rezistiv pentru măsurarea umidității relative în diverse domenii de activitate casnică și industrială, precum industria textilă și a hârtiei, domeniul medical, industria farmaceutică, industria alimentară, agricultură, industria electronică și alte domenii asemenea. Senzorul conform invenției este alcătuit dintr-un substrat dielectric care poate fi constituit din Si/SiO<sub>2</sub>, sticlă sau poliimidă cu o grosime cuprinsă între 50 μm și 5 mm, peste care se depun electrozii, care pot avea o configurație liniară sau interdigitată, prin printare directă, pulverizare catodică sau prin evaporare, electrozii putând fi constituiți din același material de Al, Cr, Cu sau Au sau din materiale diferite, iar în final peste substratul cu electrozi se depune un strat senzitiv constituit dintr-un film subțire de nanocompozit ternar de tipul nanohornuri carbonice oxidate/SnO<sub>2</sub>/polivinilpirolidonă sau materiale carbonice oxidate de tip ceapă/SnO<sub>2</sub>/polivinilpirolidonă, nanohornurile carbonice oxidate și materialele carbonice oxidate de tip ceapă fiind în procente masice de 50%, iar SnO<sub>2</sub> și polivinilpirolidonă sunt în proporții echimassice, depunerea stratului senzitiv realizându-se din soluție de alcool etilic prin metoda " drop casting ".

Revendicări: 12

Figuri: 5

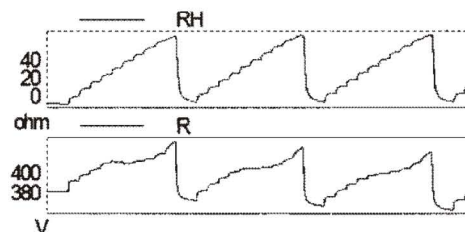


Fig. 5



12

## Descriere

OFICIUL ...	... INVENȚII ȘI MARCI
Cerere de brevet de invenție	
Nr. ....	2020 00481
depozit	27-08-2021

Umiditatea este unul dintre parametrii fizici monitorizați cel mai frecvent și are o mare importanță în multiple domenii de activitate casnică și industrială, precum industria textilă și a hârtiei, domeniul medical (centre de transfuzie, incinte de sterilizare), controlul calității aerului în spații închise, meteorologie (radiosonde, baloane meteorologice), industria farmaceutică (sinteza și controlul calității medicamentelor, monitorizarea spațiilor de depozitare a medicamentelor), agricultură (controlul umidității solului, silozuri), industria alimentară (spații de producție și stocare a alimentelor), industria electronică, industria auto, etc. [1 - 3]. Astfel, fabricarea unor senzori performanți de umiditate a devenit o direcție prioritară în ultimele decade.

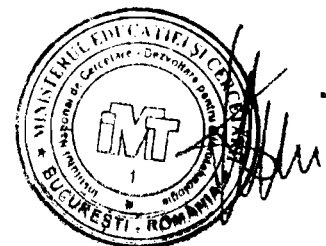
Polielectrolitii [4-6], sărurile anorganice[7,8], polimerii[ 9-12] sunt materiale utilizate pe scară largă în monitorizarea umidității relative. Oxizii metalici semiconductori pot fi, de asemenea, folosiți ca straturi senzitive în manufacturarea senzorilor de umiditate, oxidul de staniu fiind unul dintre cei mai utilizați[13-27].

Cererea de brevet de invenție **KR20020029030A** cu titlul "*Humidity sensor using nanostructured SnO<sub>2</sub>:TiO<sub>2</sub> multilayer thin films*" (태원필) se referă la un senzor rezistiv de umiditate utilizând ca straturi senzitive matrice nanocompozită de tipul SnO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub> monostrat și multistrat. Substratul este constituit din alumina, iar electrozii sunt realizați din argint. Monostratul are o grosime ce variază între 480 și 500 nm (cu o dimensiune a particulelor de 7,9 - 10,8 nm), multistratul având o grosime ce variază între 620 to 670nm (cu o dimensiune a particulelor de 7,6- 11,5 nm).

Cererea de brevet de invenție **KR20020023937A** cu titlul "*Humidity sensor using nano-sized and porous TiO<sub>2</sub>-SnO<sub>2</sub> thin films*" (태원필) se referă la un senzor rezistiv de umiditate utilizând ca straturi senzitive matrice nanocompozită de tipul TiO<sub>2</sub>-SnO<sub>2</sub> (procentul masic de SnO<sub>2</sub> variind între 0 -40%).Substratul este constituit din alumina, iar electrozii sunt realizați din argint. Dupa depunerea soluției prin metoda "spin coating", stratul senzitiv ( cu o grosime cuprinsă între 480 și 580 nm) este încălzit la 500°C timp de 30 de minute. Dimensiunea particulelor variază între 10.8-13.1nm. Rezistența stratului senzitiv variază cu schimbarea nivelului umidității relative.

Cererea de brevet de invenție **CN85107480A** cu titlul "*Ceramic moisture sensor*" (潘晓光彭贤柱 李标荣) se referă la un senzor rezistiv de umiditate utilizând ca straturi senzitive matrice nanocompozită de tipul ZnCr<sub>2</sub>O<sub>4</sub>-LiZnVO<sub>4</sub>, dopată cu Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> și SnO<sub>2</sub>. Timpul de răspuns al senzorului (în intervalul 50-90% RH) este de 20 secunde, acuratețea măsurătorii fiind < 4% RH. Coeficientul de temperatură al senzorului revendicat este 0.3% RH / C°.

Nanohornurile carbonice sunt materiale cu o structură tubulară, înrudite cu nanotuburile de carbon [28, 29]. Ele se pot sintetiza prin ablația laser a grafitului. Nanohornurile carbonice oxidate (Fig. 1) au un caracter hidrofil, sunt ușor dispersabile în apă și solvenți organici (etanol, alcool izopropilic) și prezintă o suprafață specifică mare (1300-1400 m<sup>2</sup>/g) [30, 31].



În pofida paletii largi de aplicații, există un număr relativ mic de studii privind utilizările nanohornurilor carbonice (simple și oxidate) ca straturi senzitive pentru diverse tipuri de gaze [32, 33].

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 Dumbravescu) se referă la un senzor rezistiv de etanol utilizând ca straturi senzitive matrice nanocompozite de tip  $TiO_2/ La_2O_3$ /nanohornuri carbonice oxidate. Sinteza nanohomurilor oxidate se realizează prin două metode diferite, utilizând tratamentul în plasma de oxigen și respectiv oxidarea cu apă oxigenată la  $100^\circ C$ .

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 [34]. Din punct de vedere structural, CNOs fac parte din familia fulleranelor și sunt constituite din straturi grafitice cvasi-sferice sau de formă poliedrică [35].

Oxidările cu ozon sau acid azotic conduc la formarea unor structuri nanocarbonice de tip ceapă, funcționalizate cu grupări polare de tip carboxil, hidroxil, carbonil (Ox- CNOs) care măresc substanțial solubilitatea CNOs (**Fig. 2**) în solvenți polari precum metanol, apă, tetrahidrofur, etc.

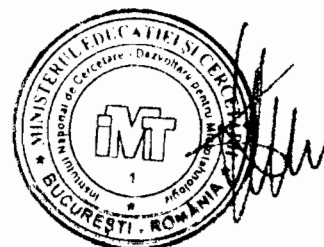
Datorită excelentelor proprietăți fizico-chimice (suprafață specifică ridicată, remarcabilă conductivitate electrică, mezoporozitate mare), CNOs se utilizează în designul senzorilor chimici [36-38].

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, care pot fi utilizate pentru obținerea unor senzori rezistivi de umiditate relativă, sunt matrice nanocompozite de tipul nanohornuri carbonice oxidate/ $SnO_2$ / polivinilpirolidonă și, respectiv, nanocarbonice oxidate de tip ceapă / $SnO_2$ / polivinilpirolidonă. Din punct de vedere al principiului de detecție, rezistența stratului conductiv variază cu nivelul umidității relative.

Utilizarea nanocompozitelor ternare ca strat senzitiv în monitorizarea umidității relative prezintă câteva avantaje semnificative:

- nanohornurile carbonice oxidate, precum și materialele nanocarbonice oxidate de tip ceapă conferă un raport mare suprafață specifică / volum, afinitate pentru moleculele de apă, precum și o variație a rezistenței stratului senzitiv la contactul cu acestea pe tot domeniul de RH;
- detecție la temperatura camerei;  
Polivinilpirolidona este un polimer hidrofil, cu excelente proprietati de binder;
- $SnO_2$  este un oxid semiconductor foarte sensibil la schimbarea nivelului umidității relative.

Substratul senzorului este realizat din siliciu (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. 3) sau pot avea o configurație interdigitată (Fig. 4). 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 senzitiv de tipul nanohornuri carbonice oxidate/SnO<sub>2</sub>/ polivinilpirolidonă și materiale nanocarbonice oxidate de tip ceapă /SnO<sub>2</sub>/ polivinilpirolidonă.

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

### Exemplul 1

Materiile prime necesare sintezei stratului senzitiv sunt, în primul caz, polivinilpirolidonă (M= 1.300.000 Da), nanohornurile carbonice oxidate și SnO<sub>2</sub> (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 10 mL alcool etilic, sub agitare magnetică timp de trei ore, la temperatura camerei.
- 2) Se adaugă soluției preparate anterior 2 mg nanohornuri carbonice oxidate și se continuă agitarea magnetică timp de trei ore, la temperatura camerei.
- 3) Soluției preparate anterior i se adaugă 1 mg SnO<sub>2</sub> 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/SiO<sub>2</sub> 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 80°C, două ore, în vid.

Capacitatea de monitorizare a umidității relative a fost investigată prin aplicarea unui curent între cei doi electrozi și măsurarea tensiunii la diferite valori ale nivelului de umiditate relativă la care a fost expus stratul senzitiv nanohornuri carbonice oxidate/SnO<sub>2</sub>/ polivinilpirolidonă (PVP). Măsurătorile au fost efectuate în azot, la temperatura camerei, la diferite valori ale umidității relative. În Fig. 5 se prezintă o comparație între performanța senzorului de umiditate care utilizează stratul senzitiv obținut în exemplul 1 (curba R) și a senzorului de umiditate de tip capacitiv, comercializat de firma Honeywell (curba RH).

### Exemplul 2

Materiile prime necesare sintezei stratului senzitiv sunt, în primul caz, polivinilpirolidona (M= 1.300.000 Da) nanodiamantul și SnO<sub>2</sub> (nanopudră, dimensiunea particulelor < de 100 nanometri), alcoolul izopropilic. Toate materialele sunt achiziționate de la Sigma Aldrich.

- 1) Materialele nanocarbonice de tip ceapă (CNOs) se sintetizează din nanodiamant, prin tratament termic la 1650°C, în atmosferă de heliu.



- 2) 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 final, cu apă deionizată.
- 3) Soluția de polivinilpirolidonă se prepară prin dizolvarea a 1 mg polimer în 10 mL alcool etilic, sub agitare magnetică (timp de două ore, la temperatura camerei).
- 4) Se adaugă soluției preparate anterior 2 mg materiale nanocarbonice oxidate de tip ceapă și se continuă agitarea magnetică timp de trei ore, la temperatura camerei.
- 5) Soluției preparate anterior i se adaugă 1 mg  $\text{SnO}_2$  și se continuă agitarea magnetică timp de 12 ore, la temperatura camerei.
- 6) Dispersia obținută se depune prin metoda "drop casting" utilizând un substrat de  $\text{Si/SiO}_2$  cu electrozi liniari sau cu electrozi interdigitați (după ce în prealabil s-a realizat mascarea zonei de contacte).
- 7) Stratul sensibil obținut se supune unui tratament termic la  $80^\circ\text{C}$ , două ore, în vid.

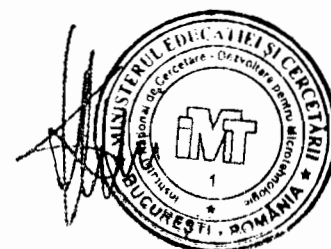
Capacitatea de monitorizare a umidității relative a fost investigată prin aplicarea unui curent între cei doi electrozi și măsurarea tensiunii la diferite valori ale nivelului de umiditate relativă la care a fost expus stratul sensibil. Măsurătorile au fost efectuate în azot, la temperatura camerei, la diferite valori ale umidității relative.



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. (2005) Humidity sensors: a review. *Sensor Letters*, 3(1-1), 1 – 15
4. Su, P. G., & Cheng, K. H. (2009). Self-assembly of polyelectrolytic multilayer thin films of polyelectrolytes on quartz crystal microbalance for detecting low humidity. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 142(1), 123-129.
5. Guenther, M., Gerlach, G., & Wallmersperger, T. (2007, April). Modeling of the nonlinear effects in pH sensors based on polyelectrolytic hydrogels. In *Electroactive Polymer Actuators and Devices (EAPAD) 2007* (Vol. 6524, p. 652417). International Society for Optics and Photonics.
6. Lv, X., Li, Y., Li, P., & Yang, M. (2009). A resistive-type humidity sensor based on crosslinked polyelectrolyte prepared by UV irradiation. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 135(2), 581-586.
7. Jiang, K., Zhao, H., Dai, J., Kuang, D., Fei, T., & Zhang, T. (2016). Excellent humidity sensor based on LiCl loaded hierarchically porous polymeric microspheres. *ACS applied materials & interfaces*, 8(38), 25529-25534.
8. Liang, S., He, X., Wang, F., Geng, W., Fu, X., Ren, J., & Jiang, X. (2015). Highly sensitive humidity sensors based on LiCl–Pebax 2533 composite nanofibers via electrospinning. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 208, 363-368.
9. Liu, Y., Huang, H., Wang, L., Cai, D., Liu, B., Wang, D., ... & Wang, T. (2016). Electrospun CeO<sub>2</sub> nanoparticles/PVP nanofibers based high-frequency surface acoustic wave humidity sensor. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 223, 730-737.
10. De Queiroz, A. A., Soares, D. A., Trzesniak, P., & Abraham, G. A. (2001). Resistive-type humidity sensors based on PVP–Co and PVP–I<sub>2</sub> complexes. *Journal of Polymer Science Part B: Polymer Physics*, 39(4), 459-469.
11. Azmer, M. I., Zafar, Q., Ahmad, Z., & Sulaiman, K. (2016). Humidity sensor based on electrospun MEH-PPV: PVP microstructured composite. *RSC advances*, 6(42), 35387-35393.
12. Sakai, Y., Sadaoka, Y., Matsuguchi, M., & Rao, V. L. (1989). Humidity sensor using microporous film of polyethylene-graft-poly-(2-hydroxy-3-methacryloxypropyl trimethyl-ammonium chloride). *Journal of materials science*, 24(1), 101-104
13. Kuang, Q., Lao, C., Wang, Z. L., Xie, Z., & Zheng, L. (2007). High-sensitivity humidity sensor based on a single SnO<sub>2</sub> nanowire. *Journal of the American Chemical Society*, 129(19), 6070-6071.
14. Tai, W. P., & Oh, J. H. (2002). Fabrication and humidity sensing properties of nanostructured TiO<sub>2</sub>–SnO<sub>2</sub> thin films. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 85(1-2), 154-157.



15. Song, X., Qi, Q., Zhang, T., & Wang, C. (2009). A humidity sensor based on KCl-doped SnO<sub>2</sub> nanofibers. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 138(1), 368-373.
16. Parthibavarman, M., Hariharan, V., & Sekar, C. J. M. S. (2011). High-sensitivity humidity sensor based on SnO<sub>2</sub> nanoparticles synthesized by microwave irradiation method. *Materials Science and Engineering: C*, 31(5), 840-844.
17. Pascariu, P., Airinei, A., Olaru, N., Petrila, I., Nica, V., Sacarescu, L., & Tudorache, F. (2016). Microstructure, electrical and humidity sensor properties of electrospun NiO–SnO<sub>2</sub> nanofibers. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 222, 1024-1031.
18. Tai, W. P., & Oh, J. H. (2002). Preparation and humidity sensing behaviors of nanocrystalline SnO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub> bilayered films. *Thin solid films*, 422(1-2), 220-224.
19. Zhu, Y., Chen, J., Li, H., Zhu, Y., & Xu, J. (2014). Synthesis of mesoporous SnO<sub>2</sub>–SiO<sub>2</sub> composites and their application as quartz crystal microbalance humidity sensor. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 193, 320-325.
20. Toloman, D., Popa, A., Stan, M., Socaci, C., Biris, A. R., Katona, G., ... & Iacomi, F. (2017). Reduced graphene oxide decorated with Fe doped SnO<sub>2</sub> nanoparticles for humidity sensor. *Applied Surface Science*, 402, 410-417.
21. Zhang, D., Sun, Y. E., Li, P., & Zhang, Y. (2016). Facile fabrication of MoS<sub>2</sub>-modified SnO<sub>2</sub> hybrid nanocomposite for ultrasensitive humidity sensing. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 8(22), 14142-14149.
22. Li, L., Yu, K., Wu, J., Wang, Y., & Zhu, Z. (2010). Structure and humidity sensing properties of SnO<sub>2</sub> zigzag belts. *Crystal Research and Technology*, 45(5), 539-544.
23. Ansari, S. G., Ansari, Z. A., Kadam, M. R., Karekar, R. N., & Aiyer, R. C. (1994). The effect of humidity on an SnO<sub>2</sub> thick-film planar resistor. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 21(3), 159-163.
24. Tomer, V. K., & Duhan, S. (2015). In-situ synthesis of SnO<sub>2</sub>/SBA-15 hybrid nanocomposite as highly efficient humidity sensor. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 212, 517-525.
25. Yadav, B. C., Verma, N., & Singh, S. (2012). Nanocrystalline SnO<sub>2</sub>–TiO<sub>2</sub> thin film deposited on base of equilateral prism as an opto-electronic humidity sensor. *Optics & Laser Technology*, 44(6), 1681-1688.
26. Anbia, M., & Fard, S. E. M. (2011). Improving humidity sensing properties of nanoporous TiO<sub>2</sub>–10 mol% SnO<sub>2</sub> thin film by co-doping with La<sup>3+</sup> and K<sup>+</sup>. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 160(1), 215-221.
27. Karthick, S., Lee, H. S., Kwon, S. J., Natarajan, R., & Saraswathy, V. (2016). Standardization, calibration, and evaluation of tantalum-nano rGO-SnO<sub>2</sub> composite as a possible candidate material in humidity sensors. *Sensors*, 16(12), 2079.
28. Iijima, S., & Ichihashi, T. (1993). Single-shell carbon nanotubes of 1-nm diameter. *Nature*, 363(6430), 603.



29. Serban, B. C., Bumbac, M., Buiu, O., Cobianu, C., Brezeanu, M., & Nicolescu, C. (2018). Carbon nanohorns and their nanocomposites: Synthesis, properties and applications. A concise review. *Ann. Acad. Rom. Sci. Ser. Math. Appl*, 11, 5-18.
30. Zhu, S., & Xu, G. (2010). Single-walled carbon nanohorns and their applications. *Nanoscale*, 2(12), 2538-2549.
31. Pagona, G., Tagmatarchis, N., Fan, J., Yudasaka, M., & Iijima, S. (2006). Cone-end functionalization of carbon nanohorns. *Chemistry of Materials*, 18(17), 3918-3920.
32. 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.
33. Serban, B. C., Buiu, O., Dumbrăvescu, 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*.
34. Ugarte, D. (1992). Curling and closure of graphitic networks under electron-beam irradiation. *Nature*, 359 (6397), 707 – 709.
35. Bartelmess J, Giordani S. Carbon nano-onions (multilayer fullerenes): Chemistry and applications. *Beilstein J Nanotechnol*. 2014;5:1980–8.
36. 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.
37. Breczko, J., Plonska-Brzezinska, M. E., & Echegoyen, 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.
38. Bartolome, J. P., Echegoyen, 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.





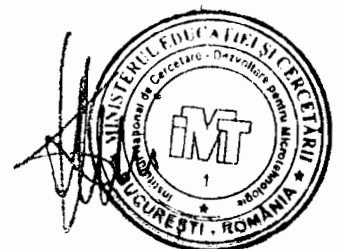
## Revendicări

1. Senzor rezistiv de monitorizare a umidității relative **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/SnO<sub>2</sub>/polivinilpirolidonă sau materiale nanocarbonice oxidate de tip ceapă/SnO<sub>2</sub>/polivinilpirolidonă.
2. Amestecul ternar constituit din nanohornuri carbonice oxidate/SnO<sub>2</sub>/polivinilpirolidonă, utilizat în condițiile revendicării **1, se caracterizează prin aceea că** conține nanohornuri carbonice oxidate într-un procent masic de 50%, SnO<sub>2</sub> și polivinilpirolidona fiind în proporții echimaseice
3. Amestecul ternar constituit din materiale nanocarbonice oxidate de tip ceapă SnO<sub>2</sub>/polivinilpirolidonă, utilizat în condițiile revendicării **1 se caracterizează prin aceea că** conține materiale nanocarbonice oxidate de tip ceapă într-un procent masic de 50%, SnO<sub>2</sub> și polivinilpirolidona fiind în proporții echimaseice.
4. Substratul dielectric **se caracterizează prin aceea că** poate fi construit din Si/SiO<sub>2</sub>, sticlă, poliimidă și poate avea o grosime între 50 micrometri și 5 milimetri.
5. Electrozii utilizați **se caracterizează prin aceea că** se depun pe suprafața substratului dielectric prin printare directă, pulverizare catodică sau evaporare.
6. Electrozii utilizați **se caracterizează prin aceea că** pot fi constituiți din același material (aluminiu, crom, cupru, aur) sau din materiale diferite.
7. Electrozii utilizați **se caracterizează prin aceea că** pot fi liniari sau pot avea o configurație interdigitată.
8. Depunerea stratului senzitiv constituit din nanohornuri carbonice oxidate/SnO<sub>2</sub>/polivinilpirolidonă, **se caracterizează prin aceea că** se realizează din soluție de alcool etilic prin metoda “drop casting” pe substratul de Si/SiO<sub>2</sub> cu electrozi liniari.
9. Depunerea stratului senzitiv constituit din nanohornuri carbonice oxidate/SnO<sub>2</sub>/polivinilpirolidonă **se caracterizează prin aceea că** se realizează din soluție de alcool izopropilic prin metoda “drop casting” pe substratul de Si/SiO<sub>2</sub> cu electrozi interdigitați.
10. Depunerea stratului senzitiv constituit din materiale nanocarbonice oxidate de tip ceapă/SnO<sub>2</sub>/polivinilpirolidonă, **se caracterizează prin aceea că** se realizează din soluție de alcool etilic prin metoda “drop casting” pe substratul de Si/SiO<sub>2</sub> cu electrozi liniari.



11. Depunerea stratului senzitiv constituit din materiale nanocarbonice oxidate de tip ceapă/ $\text{SnO}_2$ /polivinilpirolidonă se **caracterizează prin aceea că** se realizează din soluție de alcool izopropilic prin metoda "drop casting" pe substratul de Si/SiO<sub>2</sub> cu electrozi interdigitați.

12. Utilizarea senzorilor chemirezistivi obținuți în condițiile revendicărilor 8-11 pentru monitorizarea umidității 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 umidității relative.



6

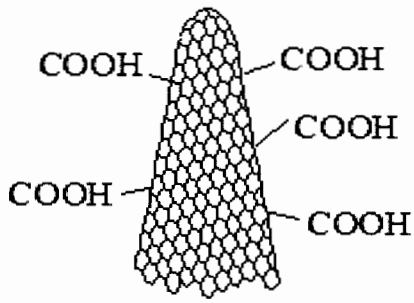


Fig. 1

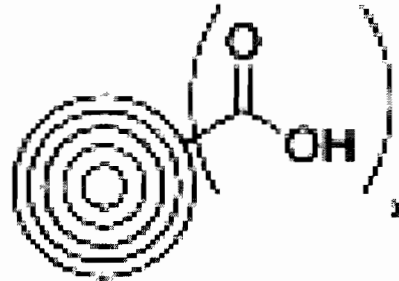


Fig. 2

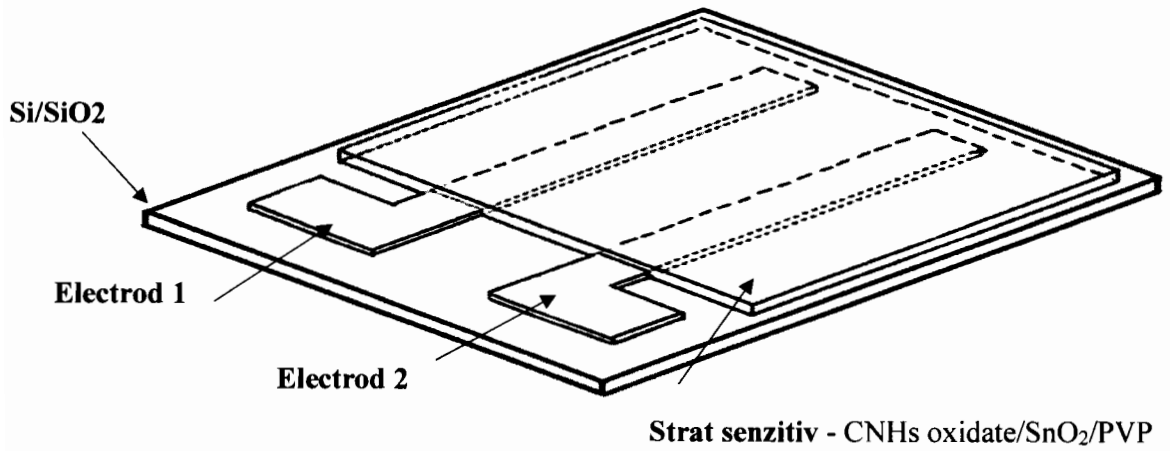
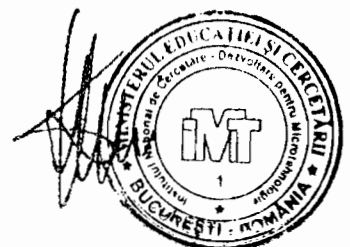


Fig. 3



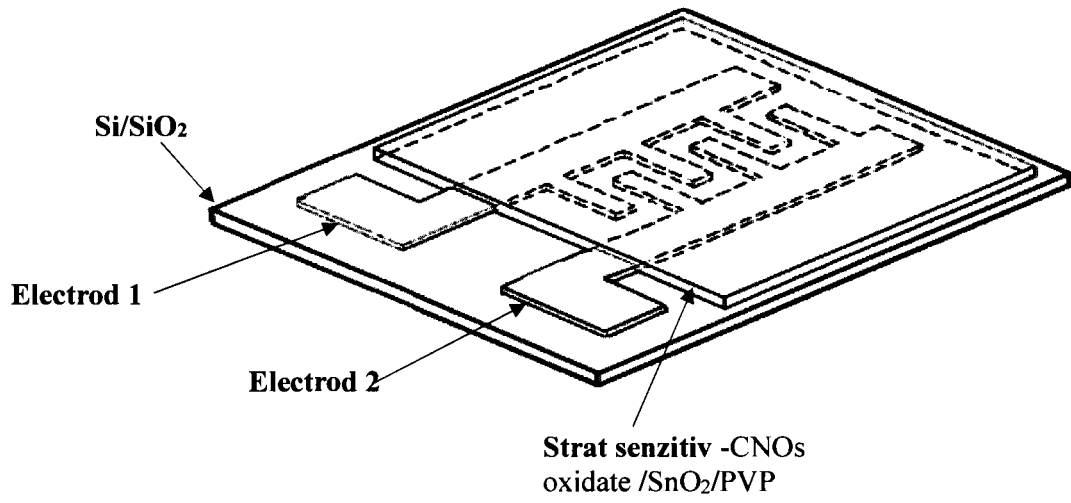


Fig. 4

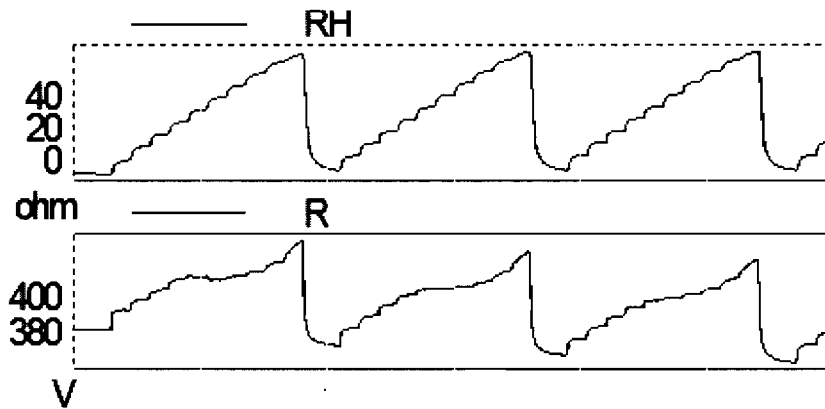


Fig. 5

