

(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2019 00441

(22) Data de depozit: 22/07/2019

(41) Data publicării cererii:  
29/01/2021 BOPI nr. 1/2021

(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.32 A, 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;  
• DUMBRĂVESCU NICULAE,  
STR. AGATHA BĂRSESCU NR. 18,  
BL. 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) MATRICE NANOCARBONICĂ PENTRU DETECȚIA  
UMIDITĂȚII

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o matrice nanocarbonică utilizată pentru monitorizarea umidității relative în diverse domenii de activitate: casnică și industrială, industria textilă și a hârtiei, în domeniul medical pentru centrele de transfuzie și incintele de sterilizare, la controlul calității aerului în spațiile închise, în meteorologie, în industria farmaceutică pentru spațiile de producție și depozitare, în agricultură, industria alimentară și altele asemenea. Matricea nanocarbonică conform invenției este realizată din nanocompozite constituite din polietilenglicol/nanohornuri carbonice oxidate hidrofile/nanoparticule cuantice de carbon, respectiv polietilenglicol/materiale carbonice oxidate de tip nanoceapă/nanoparticule cuantice de carbon, nanohornurile carbonice oxidate fiind sintetizate prin tratarea nanohornurilor simple cu acid azotic 3M la reflux timp de 48 ore, procentul masic al acestora în stratul sensibil fiind cuprins între 10...15%, iar materialele nanocarbonice oxidate de tip ceapă se sintetizează prin tratarea materialelor nanocarbonice simple de tip ceapă în plasmă de oxigen, procentul masic al acestora în stratul sensibil fiind de 0,1...10%, materialele nanocarbonice oxidate de tip ceapă au un conținut procentual masic de oxigen care variază între 20...50%, substratul dielectric

putând fi constituit din Kapron, sticlă sau polietilenglicol cu o grosime cuprinsă între 50 μm și 5 mm, iar electrozii pot fi liniari sau inter-digitați și sunt constituiți din același material cum sunt Al, Cr, Cu, Au sau din materiale diferite care se depun pe suprafața substratului dielectric prin printare directă, pulverizare catodică sau evaporare.

Revendicări: 17

Figuri: 2

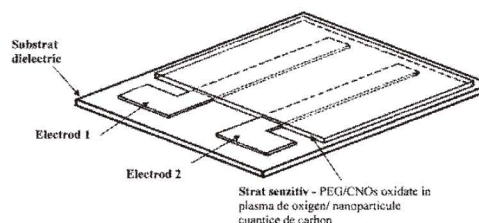


Fig. 1

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 2019 00441
Data depozit ... 22 -07- 2019	

## Descriere

### “Matrice nanocarbonică pentru detecția umidității”

Monitorizarea umidității relative reprezintă un proces esențial în diverse 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, spații de depozitare a medicamentelor), agricultură (silozuri, controlul umidității solului), industria alimentară (spații de producție și stocare a alimentelor), etc. [1 - 3].

Alături de oxizi metalici semiconductori, materiale ceramice, saruri anorganice, etc., materialele nanocarbonice sunt utilizate în mod intensiv ca elemente de sensing în designul senzorilor de umiditate [4].

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 – fulerena (NiPc-C60). Substratul folosit este constituit din sticlă, electrozii fiind din aluminiu. Rezistența senzorului descrește considerabil și este proporțională cu creșterea valorii umidității. Senzorul prezintă un histerezis negliabil.

Cererea de brevet de invenție **CN106916489A** cu titlul ”SPS:PEDOT/RGO composite conductive coating prepared by spray printing layer by layer” (袁妍李聪彭博刘仁) se referă la un senzor chemirezistiv de umiditate care utilizează ca strat senzitiv un nanocompozit PEDOT: PSS – RGO (oxid de grafenă redus). Substratul este constituit din polietilentereftalat (PET). Nanocompozitul revendicat combină proprietățile chimice avantajoase ale PEDOT:PSS (conductivitate electrică ridicată, rezistență mare la oxidare), cu proprietățile unice ale grafenei, dovedindu-se foarte sensibil în monitorizarea umidității relative.

Brevetul de invenție **US 10,145,812 B2** cu titlul “Capacitive humidity sensor with graphene electrode” (Aliane, Abdelkader Verilhac, Jean-Marie) se referă la un senzor capacitiv care conține un material dielectric cu permeabilitate scăzută la umiditate și un electrod cu permeabilitate la umezeală mai mare decât materialul dielectric cu care este în contact. Acest electrod este constituit din grafenă conductivă, care la interacția cu moleculele de apă își modifică valoarea benzii de conducție.

CQDs (“carbon quantum dots”) reprezintă o clasă relativ nouă de nanoparticule cuantice de carbon, constituite din nanocristale aproape sferice, cu diametru mai mic decât 10 nm [5 - 9]. Printre metodele de sinteză ale CQDs se pot menționa ablația laser, descărcarea în arc, metodele electrochimice, etc. [10, 11]. Nanoparticulele cuantice de carbon prezintă proprietăți fizico- chimice dintre cele mai interesante: fotoluminescență puternică atât în regiunea vizibilă, cât și în regiunea de infraroșu apropiat, conductivitate electrică mare,

toxicitate scăzută, biocompatibilitate ridicată, sinteză facilă, inerție chimică, posibilități multiple de funcționalizare. În plus, prezența grupărilor funcționale hidrofile (carboxil, hidroxil, amino) pe suprafața acestora asigură o dispersie/solubilitate adecvată în apă și solvenți organici [12]. Grație acestor caracteristici atractive, CQDs se utilizează pe scară largă în proiectarea de elemente fotovoltaice [13, 14], fotocataliză [15 - 17], obținerea de senzori fluorescenți [18], senzori de gaze [19], tehnici de bioimagistică [20], etc.

Materialele nanocarbonice de tip ceapă ("carbon nano-onion" - CNOs) au fost sintetizate în premieră de către Ugarte, în 1992, prin iradierea cu electroni a funinginei [21]. Din punct de vedere structural, CNOs aparțin familiei fulleranelor și sunt constituite din straturi grafitice cvasi-sferice sau de formă poliedrică.

Datorită proprietăților fizico-chimice deosebite (excelentă conductivitate electrică, posibilități multiple de funcționalizare de tip covalent și non-covalent [22 - 25], mezoporozitate mare, suprafață specifică ridicată), CNOs se utilizează intensiv în electronică (supercapacitoare) [26], cataliză [27], conversie și stocare de energie [28].

Nanohornurile carbonice sunt materiale cu o structură tubulară, înrudite cu nanotuburile de carbon [29]. Ele se pot sintetiza prin ablația laser a grafitului. Merită menționat faptul că, în comparație cu obținerea nanotuburilor de carbon, această sinteză nu necesită un catalizator metallic. Nanohornurile carbonice oxidate au un caracter hidrofil, sunt ușor dispersabile în apă și solvenți organici precum etanol, alcool izopropilic, au o suprafață specifică mare (1300-1400 m<sup>2</sup>/g) [30].

Nu în ultimul rând, polimerii reprezintă materiale utile în designul senzorilor de umiditate. Printre aceștia, polietilenglicolul - polimer hidrofil disponibil comercial într-o gamă largă de mase moleculare [31 - 34] - a fost utilizat pe scara extinsă.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția prezentă constă în obținerea de noi straturi sensibile la variația valorii umidității relative. Straturile senzitive descrise în această invenție, utilizate pentru obținerea unor senzori chemirezistivi de umiditate relativă, sunt nanocompozite constituite din polietilenglicol (PEG)/nanohornuricarbonice oxidate hidrofile / nanoparticule cuantice de carbon, respectiv polietilenglicol/materiale carbonice oxidate de tip nanoceapă/ nanoparticule cuantice de carbon.

Sinteza nanohornurilor carbonice hidrofile se realizează prin tratamentul cu acid azotic 3M la reflux, timp de 48 ore. Materialele carbonice oxidate de tip nanoceapă se sintetizează prin tratamentul materialelor nanocarbonice simple de tip nanoceapă în plasmă de oxigen. Tratamentul în plasmă de oxigen asigură hidrofilizarea nanohornurilor carbonice prin grefarea de grupări de tip carboxil, carbonil, hidroxil și epoxi. În plus, gradul optim de hidrofilizare al materialelor nanocarbonice oxidate de tip nanoceapă, în vederea minimizării histerezisului și a obținerii unei sensibilități adecvate, poate fi controlat prin schimbarea puterii plasmei și a timpului de expunere.

Utilizarea compozițiilor ternare de tip polietilenglicol/ nanohornuri carbonice oxidate/ nanoparticule cuantice de carbon, respectiv polietilenglicol/materiale carbonice oxidate de tip



nanoceapă/nanoparticule cuantice de carbon, depuse prin metodele "spin coating" sau "drop casting" pe un substrat dielectric, conferă sensorului câteva avantaje semnificative:

- îmbunătățirea proprietăților mecanice și a procesabilității stratului senzitiv;
- prezența nanohornurilor carbonice hidrofile, a materialelor nanocarbone oxidate de tip ceapa și a nanoparticulelor cuantice de carbon conferă un raport mare (suprafață specifică /volum), precum și o afinitate considerabilă pentru moleculele de apă;
- grupările funcționale de tip hidroxil, carboxil, amino ale materialelor nanocarbone utilizate în filmul senzitiv (nanohornuri, nanocepe, nanoparticule cuantice de carbon) interacționează chimic cu grupările hidrofile ale polietilenglicolului, ceea ce conduce la stabilizarea nanocompozitului propus.
- răspunsul rapid al sensorului ca urmare a modificării rezistenței filmului compozit odată cu modificarea valorii umidității relative;
- răspunsul sensorului chemirezistiv de umiditate la temperatura camerei.

Substratul dielectric este din Kapton® și poate avea o grosime între 40 micrometri și 4 milimetri. Electrozii se pot depune pe suprafața substratului dielectric prin printare directă, pulverizare catodică sau evaporare. Electrozii pot fi constituiți din același material (aluminiu, crom, cupru, aur) sau din materiale diferite. Ei pot fi liniari (Fig. 1) sau pot avea o configurație interdigitată (Fig. 2).

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, polietilenglicolul ( $M_w = 4.000$ ), nanohornurile carbonice, etanol, acetonă, apă deionizată, dispersie apoasă de nanoparticule cuantice de carbon ( $1\text{mg/mL}$ ).

- A. Sinteza nanohornurilor carbonice oxidate (hidrofile) se realizează prin reacția cu acid azotic 3M, la reflux, timp de 48 h. Produsul obținut se spală cu etanol, acetonă și apă deionizată.
- B. Soluția de polietilenglicol în apă se prepară prin dizolvarea a 5 g polimer în 50 mL apă deionizată, sub agitare magnetică (timp de 2 h, la temperatura camerei). Ulterior se adaugă soluției preparate anterior 0,5 g nanohornuri carbonice oxidate și se continuă agitarea magnetică timp de 2 ore, la temperatura camerei.
- C. Soluției preparate anterior i se adaugă 10 mL dispersie apoasă de nanoparticule cuantice de carbon și se continuă agitarea magnetică timp de 2 ore, la temperatura camerei.
- D. Soluția obținută se depune prin metoda picăturii ("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).
- E. Stratul senzitiv obținut din polietilenglicol, nanohornuri carbonice oxidate și nanoparticule

cuantice de carbon, depus pe substrat, se usucă în etuvă, la vid, timp de două ore la temperatura de 60°C.

## Exemplul 2

Materiile prime necesare sintezei stratului senzitiv sunt, în primul caz, polietilenglicolul (Mw= 10.000), nanodiamant, apă deionizată, dispersie apoasă de nanoparticule cuantice de carbon (1mg/mL).

A. Materialele nanocarbonice de tip ceapă (CNOs) se sintetizează din nanodiamant (disponibil comercial), prin tratament termic la 1400°C, în atmosferă de argon.

B. Sinteza materialului nanocarbonic oxidat (hidrofil) de tip nanoceapă se realizează prin tratament în plasmă de oxigen.

C. Soluția de polietilenglicol în apă se prepară prin dizolvarea a 5 g polimer în 50 mL apă deionizată, sub agitare magnetică (2 h, la temperatura camerei). Ulterior se adaugă soluției preparate anterior 0,5 g material nanocarbonic oxidat (hidrofil) de tip ceapă și se continuă agitarea magnetică timp de 2 ore, la temperatura camerei.

D. Soluției preparate anterior i se adaugă 15mL dispersie apoasă de nanoparticule cuantice de carbon și se continuă agitarea magnetică timp de 2 ore, la temperatura camerei.

E. Soluția obținută se depune prin metoda picăturii ("drop casting") utilizând un substrat de Lexan™ cu electrozi liniari sau cu electrozi interdigitați (după ce în prealabil s-a realizat mascarea zonei de contacte).

F. Stratul senzitiv obținut din polietilenglicol, material nanocarbonic oxidat (hidrofil) de tip ceapă și nanoparticule cuantice de carbon, depus pe substrat, se usucă în etuvă, în vid, la temperatura de 60°C, timp de două ore.

### 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. (2005) Humidity sensors: a review. *Sensor Letters*, 3(1-1), 1 – 15.
4. Yao, Y., Chen, X., Guo, H., Wu, Z., & Li, X. (2012). Humidity sensing behaviors of graphene oxide-silicon bi-layer flexible structure. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 161(1), 1053 - 1058.
5. Li Haitao, He Xiaodie, Kang Zhenhui, et al. Water-Soluble Fluorescent Carbon Quantum Dots and Photocatalyst Design. *Angewandte Chemie International Edition*. 2010. 49(26):4430 –4434
6. Ahmad, F., & Khan, A. M. (2017). Carbon Quantum Dots: Nanolights. *Int. J. Petrochem. Sci. Eng.* 2(7), 00063.
7. Sun Ya-Ping, Zhou Bing, Lin Yi, et al. Quantum-Sized Carbon Dots for Bright and Colorful Photoluminescence. *J. Am. Chem. Soc.* 2006;128(24): 7756 – 7757.
8. Zuo, J., Jiang, T., Zhao, X., Xiong, X., Xiao, S., & Zhu, Z. (2015). Preparation and application of fluorescent carbon dots. *Journal of Nanomaterials*, 2015, 10.
9. Liu Yun, Liu Chun-yan, Zhang Zhi-Ying. Synthesis and surface photochemistry of graphitized carbon quantum dots. *J. Colloid Interface Sci.* 2011;356(2):416 – 421.
10. S. C. Ray, A Saha, NR Jana, et al. Fluorescent carbon nanoparticles: synthesis, characterization, and bioimaging application. *Journal of Physical Chemistry*. 2009;113(43):18546 – 18551.
11. S Chandra, P Das, S Bag, et al. Synthesis, functionalization and bioimaging applications of highly fluorescent carbon nanoparticles. *Nanoscale*. 2012;3(4):1533 – 1540.
12. Zuo, P., Lu, X., Sun, Z., Guo, Y., & He, H. (2016). A review on syntheses, properties, characterization and bioanalytical applications of fluorescent carbon dots. *Microchimica Acta*, 183(2), 519 - 542.
13. Mirtchev, P., Henderson, E. J., Soheilnia, N., Yip, C. M., &Ozin, G. A. (2012). Solution phase synthesis of carbon quantum dots as sensitizers for nanocrystalline TiO<sub>2</sub> solar cells. *Journal of Materials Chemistry*, 22(4), 1265 - 1269.



14. Gupta, V., Chaudhary, N., Srivastava, R., Sharma, G. D., Bhardwaj, R., & Chand, S. (2011). Luminescent graphene quantum dots for organic photovoltaic devices. *Journal of the American Chemical Society*, 133(26), 9960 - 9963.
15. Yu, H., Shi, R., Zhao, Y., Waterhouse, G. I., Wu, L. Z., Tung, C. H., & Zhang, T. (2016). Smart utilization of carbon dots in semiconductor photocatalysis. *Advanced Materials*, 28(43), 9454 - 9477.
16. Zhang, H., Huang, H., Ming, H., Li, H., Zhang, L., Liu, Y., & Kang, Z. (2012). Carbon quantum dots/Ag<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> complex photocatalysts with enhanced photocatalytic activity and stability under visible light. *Journal of Materials Chemistry*, 22(21), 10501 - 10506.
17. Fernando, K. S., Sahu, S., Liu, Y., Lewis, W. K., Gulians, E. A., Jafariyan, A., & Sun, Y. P. (2015). Carbon quantum dots and applications in photocatalytic energy conversion. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 7(16), 8363 - 8376.
18. Gonçalves, H., Jorge, P. A., Fernandes, J. R. A., & da Silva, J. C. E. (2010). Hg (II) sensing based on functionalized carbon dots obtained by direct laser ablation. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 145(2), 702 - 707.
19. Zhang, X., Ming, H., Liu, R., Han, X., Kang, Z., Liu, Y., & Zhang, Y. (2013). Highly sensitive humidity sensing properties of carbon quantum dots films. *Materials Research Bulletin*, 48(2), 790 - 794.
20. Luo, P. G., Sahu, S., Yang, S. T., Sonkar, S. K., Wang, J., Wang, H., ...& Sun, Y. P. (2013). Carbon "quantum" dots for optical bioimaging. *Journal of Materials Chemistry B*, 1(16), 2116 - 2127.
21. Ugarte, D. (1992). Curling and closure of graphitic networks under electron-beam irradiation. *Nature*, 359 (6397), 707.
22. Dhonge, B. P., Motaung, D. E., Liu, C. P., Li, Y. C., Mwakikunga, B. W. (2015). Nano-scale carbon onions produced by laser photolysis of toluene for detection of optical, humidity, acetone, methanol and ethanol stimuli. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 215, 30 - 38.
23. Liu, Y., Vander Wal, R. L., Khabashesku, V. N. (2007). Functionalization of carbon nano-onions by direct fluorination. *Chemistry of Materials*, 19(4), 778 - 786.
24. Bartelmess, J., Giordani, S. (2014). Carbon nano-onions (multi-layer fullerenes): chemistry and applications. *Beilstein Journal of Nanotechnology*, 5(1), 1980 - 1998.
25. Sano, N., Wang, H., Chhowalla, M., Alexandrou, I., & Amaratunga, G. A. J. (2001). Nanotechnology: Synthesis of carbon 'onions' in water. *Nature*, 414(6863), 506.
26. Borgohain, R., Li, J., Selegue, J. P., Cheng, Y. T. (2012). Electrochemical study of functionalized carbon nano-onions for high-performance supercapacitor electrodes. *The Journal of Physical Chemistry C*, 116(28), 15068 - 15075.

A circular stamp with a signature over it. The signature is written in black ink and appears to be 'A. J. J.'. The stamp is partially obscured by the signature.

27. Keller, N., Maksimova, N. I., Roddatis, V. V., Schur, M., Mestl, G., Butenko, Y. V., Schlögl, R. (2002). The catalytic use of onion-like carbon materials for styrene synthesis by oxidative dehydrogenation of ethylbenzene. *Angewandte Chemie International Edition*, 41(11), 1885 – 1888.
28. Plonska-Brzezinska, M. E., Echegoyen, L. (2013). Carbon nano-onions for supercapacitor electrodes: recent developments and applications. *Journal of Materials Chemistry A*, 1(44), 13703 - 13714.
29. S. Iijima *et al*, Nano-aggregates of single-walled graphitic carbon nano-horns, *Chemical Physics Letters*, 309 3-4, 165 - 170, (1999).
30. S. Zhu and G. Xu, Single-walled carbon nanohorns and their applications, *Nanoscale*, 2(12), 2538 - 2549, (2010).
31. Bailey, F.E.; Koleske, J.V. *Poly(Ethylene Oxide)*, Academic Press, New York, (1976).
32. Fuertges, F.; Abuchowski, A., The clinical efficacy of poly(ethylene glycol)-modified proteins, *Journal of Controlled Release*, 11, 139 (1990).
33. Working, P.K. et al., Safety of poly(ethylene glycol) and poly(ethylene glycol) derivatives. In Harris, J.M., and Zalipsky, S. (eds), *Polyethylene Glycol Chemistry and Biological Applications*, American Chemical Society, Washington DC, p. 45 (1997).
34. Mahato, R.I. *Biomaterials for delivery and targeting of proteins and nucleic acids*, CRC Press (2005) (Ald. Cat. No. Z705102).
35. Joshi, M., & Singh, R. P. (2009). Cross Linking Polymers (PVA & PEG) with TiO<sub>2</sub> Nanoparticles for Humidity Sensing. *Sensors & Transducers*, 110 (11), 105.
36. Agool, I. R., Kadhim, K. J., & Hashim, A. (2017). Fabrication of new nanocomposites:(PVA-PEG-PVP) blend-zirconium oxide nanoparticles) for humidity sensors. *International Journal of Plastics Technology*, 21(2), 397 - 403.
37. Acikgoz, S., Bilen, B., Demir, M. M., Menciloglu, Y. Z., Skarlatos, Y., Aktas, G., Inci, M. N. (2008). Use of polyethylene glycol coatings for optical fibre humidity sensing. *Optical Review*, 15(2), 84.
38. Biju, K. P., & Jain, M. K. (2007). Effect of polyethylene glycol additive in sol on the humidity sensing properties of a TiO<sub>2</sub> thin film. *Measurement Science and Technology*, 18, 2991 - 2996.

A circular stamp, likely an institutional or official seal, is located in the bottom right corner of the page. Overlaid on the stamp is a handwritten signature in black ink, which appears to be 'Ali'.



## Revendicări

1. Procedeu de preparare a unei noi compoziții ternare PEG/nanohornuri carbonice oxidate/nanoparticule cuantice de carbon **caracterizat prin aceea că** nanohornurile carbonice oxidate se sintetizează prin tratarea nanohornurilor carbonice simple cu acid azotic 3M la reflux și că procentul masic al acestora în stratul senzitiv variază între 10 și 15%.
2. Procedeu de preparare a unei noi compoziții ternare PEG/ materiale nanocarbonice oxidate de tip ceapă/nanoparticule cuantice de carbon, **caracterizat prin aceea că materiale nanocarbonice oxidate de tip ceapă** se sintetizează prin tratarea *materialelor nanocarbonice simple de tip ceapă* în plasmă de oxigen și că procentul masic al acestora în stratul senzitiv variază între 0,1 și 10%.
3. Procentul masic de nanoparticule cuantice de carbon în compozițiile ternare obținute în condițiile revendicărilor 1 și 2 variază între 10 și 15%.
4. Polietilenglicolul utilizat în condițiile revendicărilor 1 și 2 are o masă moleculară medie ce variază între 600 și 35.000 Daltoni.
5. Materiale nanocarbonice oxidate de tip ceapă utilizate în condițiile revendicării 2 au un conținut procentual masic de oxigen ce variază între 20 și 50%.
6. Substratul dielectric **se caracterizează prin aceea că** poate fi construit din Kapton®, sticla, PEN și poate avea o grosime între 50 microni și 5 milimetri.
7. Electrozii **se caracterizează prin aceea că** se depun pe suprafața substratului dielectric prin printare directă, pulverizare catodică, sau evaporare.
8. Electrozii **se caracterizează prin aceea că** pot fi constituiți din același material (aluminiu, crom, cupru, aur) sau din materiale diferite.
9. Electrozii utilizați **se caracterizează prin aceea că** pot fi liniari sau pot avea o configurație interdigitată.
10. Depunerea compoziției obținute în condițiile revendicării 1, se realizează din soluție apoasă și **se caracterizează prin aceea că** se realizează prin metoda "spin coating" pe substratul de Kapton®, sticlă, sau PEN - cu electrozi liniari.

A handwritten signature in black ink is located in the bottom right corner of the page. To the left of the signature is a faint, circular stamp or seal, which is mostly illegible but appears to contain some text or a logo.

10. Depunerea compoziției obținute în condițiile revendicării 1 se realizează din soluție apoasă și **se caracterizează prin aceea că se realizează prin metoda "spin coating"** pe substratul de Kapton®, sticlă, sau PEN - cu electrozi interdigitați.

11. Depunerea compoziției obținute în condițiile revendicării 1 se realizează din soluție apoasă și **se caracterizează prin aceea că se realizează prin metoda "drop- casting"**, pe substratul de Kapton®, sticlă, sau PEN - cu electrozi liniari.

12. Depunerea compoziției obținute în condițiile revendicării 1 se realizează din soluție apoasă și **se caracterizează prin aceea că se realizează prin metoda "drop- casting"** pe substratul de Kapton®, sticlă, sau PEN - cu electrozi interdigitați.

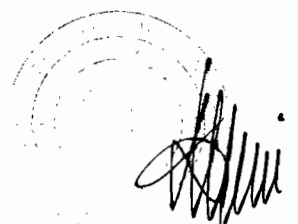
13. Depunerea compoziției obținute în condițiile revendicării 2 se realizează din soluție apoasă și **se caracterizează prin aceea că se realizează prin metoda "spin coating"** pe substratul de Kapton®, sticlă, sau PEN - cu electrozi liniari.

14. Depunerea compoziției obținute în condițiile revendicării 2 se realizează din soluție apoasă și **se caracterizează prin aceea că se realizează prin metoda "spin coating"** pe substratul de Kapton®, sticla, sau PEN - cu electrozi interdigitați.

15. Depunerea compoziției obținute în condițiile revendicării 2 se realizează din soluție apoasă și **se caracterizează prin aceea că se realizează prin metoda "drop- casting"** pe substratul de Kapton®, sticla, sau PEN - cu electrozi liniari.

16. Depunerea compoziției obținute în condițiile revendicării 2 se realizează din soluție apoasă și **se caracterizează prin aceea că se realizează prin metoda "drop - casting"** pe substratul de Kapton®, sticla, sau PET - cu electrozi interdigitați.

17. Utilizarea senzorilor chemorezistivi obținuți în condițiile revendicarilor 10 - 16 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.**

A handwritten signature in black ink is located in the bottom right corner of the page. To the left of the signature is a faint, circular stamp or seal, which is mostly illegible due to fading.

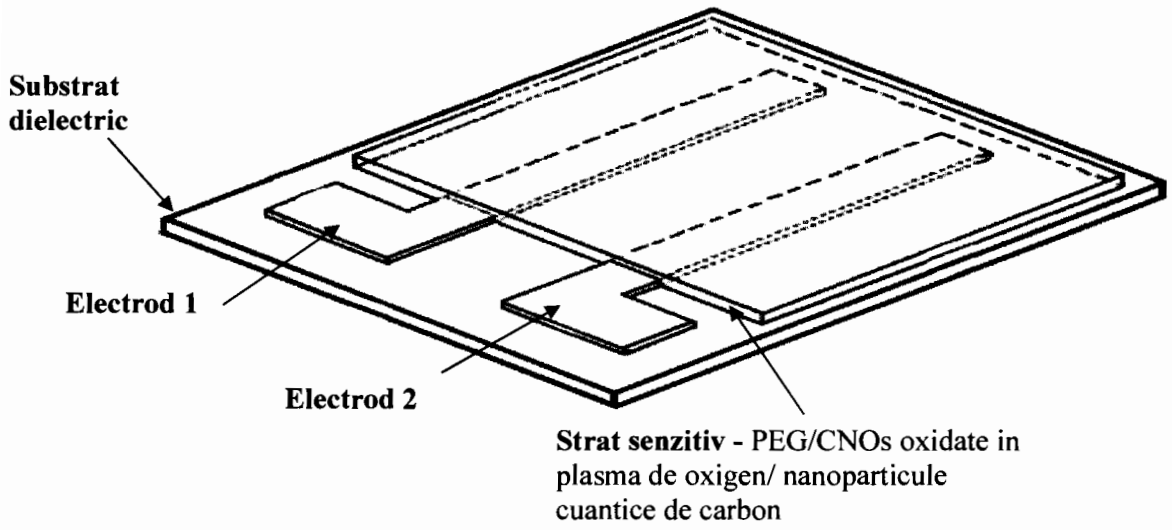


Fig. 1

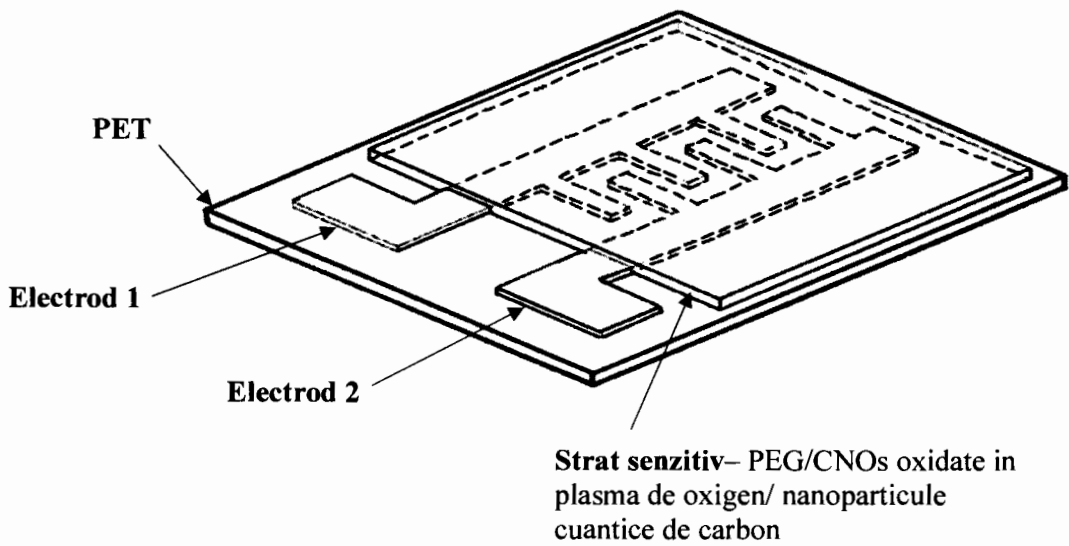


Fig. 2

A handwritten signature is located in the bottom right corner of the page, next to a circular stamp that is partially obscured and faint.