



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2022 00356

(22) Data de depozit: 23/06/2022

(41) Data publicării cererii:
29/12/2023 BOPI nr. 12/2023

(71) Solicitant:
• UNIVERSITATEA "VALAHIA" DIN
TÂRGOVIȘTE, BD. REGELE CAROL I NR.2,
TÂRGOVIȘTE, DB, RO;
• INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU
MICROTEHNOLOGIE-IMT BUCUREȘTI,
STR. EROU IANCU NICOLAE 126A,
VOLUNTARI, IF, RO

(72) Inventatori:
• ȘERBAN BOGDAN CĂTĂLIN,
STR. LIVIU REBREANU, NR.32A, BL. PM.70,
SC.2, ET.4, 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;
• BUMBAC MARIUS, STR. GRIGORE
BĂLEANU, NR.106, SAT BĂLENI ROMÂNI,
COMUNA BĂLENI, DB, RO;
• NICOLESCU CRISTINA MIHAELA,
STR. SOARELUI, NR.17, TÂRGOVIȘTE, DB,
RO

(54) SENZOR REZISTIV PENTRU MONITORIZAREA UMIDITĂȚII
RELATIVE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un senzor chemerezistiv utilizat pentru monitorizarea umidității relative în diverse domenii de activitate casnică sau industrială precum monitorizarea sistemelor de aer condiționat a clădirilor inteligente, în industria textilă și a hârtiei, în domeniul medical la centrele de transfuzie și incintele de sterilizare, în industria farmaceutică, în agricultură, în industria chimică și în cea alimentară și în alte domenii asemenea. Senzorul chemerezistiv conform invenției este constituit dintr-un substrat dielectric construit din Si/SiO₂, sticlă sau poliimidă cu o grosime cuprinsă între 50 μm și 5 mm, pe suprafața căruia se depun doi electrozi metalici cu configurație liniară sau interdigitată prin printare directă, pulverizare catodică sau evaporare, realizați din același material Cr sau Au sau din materiale diferite, iar peste substratul dielectric cu electrozi metalici se depune prin metoda picurării "drop casting" un strat senzitiv din soluție, utilizând dimetilformamida, constituit dintr-un film subțire de nanocompozit binar de tipul nanohornuri carbonice/polivinilpirolidonă, procentul masic de nanohornuri carbonice în stratul senzitiv variind între 50...90%.

Revendicări: 7
Figuri: 4

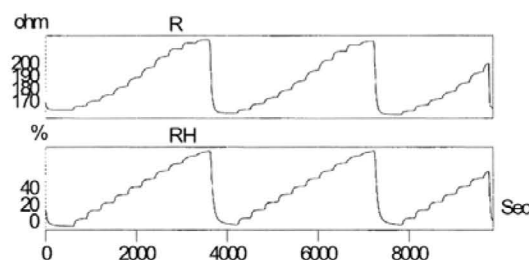


Fig. 4

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.	00386
Data depozit	23-06-2022

7

Titlu: Senzor rezistiv pentru monitorizarea umidității relative

Inventatori: Bogdan Cătălin Șerban, Octavian Buiu, Marius Bumbac, Cristina Mihaela Nicolescu

Descrierea invenției

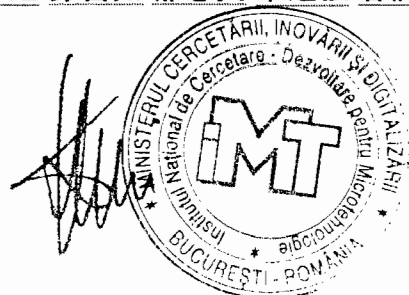
Monitorizarea umidității relative reprezintă un proces esențial în diverse domenii de activitate casnică și industrială, precum monitorizarea sistemelor de aer condiționat, optimizarea confortului în clădirile inteligente, industria textilă și a hârtiei, domeniul medical (centre de transfuzie, incinte de sterilizare, sterilizatoare), industria farmaceutică (sinteza și controlul calității medicamentelor, spații de depozitare, farmacii), agricultură (silozuri, managementul irigațiilor), industria chimică (managementul uscării aerului, cuptoare), industria alimentară (spații de producție și stocare a alimentelor), transport (alimente, medicamente), etc. [1- 4].

Oxizii metalici semiconductori [5-10], sărurile anorganice [11-14], ceramica [15-19] sunt materiale utilizate pe scară largă în detecția umidității. Materialele nanocarbonice și polimerii reprezintă alternative viabile ca straturi sensibile în manufacturarea senzorilor de umiditate [20-28].

Cererea de brevet de invenție CN110702742A cu titlul "Humidity sensor" (段学欣周诚孝双唐宁) se referă la un senzor rezistiv de umiditate relativă utilizând ca straturi senzitive oxidul de grafenă, oxidul de grafenă redus, disulfura de tungsten, etc. Diametrul particulelor sensibile variază între 10 și 60 nm. Substratul flexibil poate fi constituit din polidimetilsiloxan, poliimidă, polietilentereftalat. Grosimea substratului flexibil variază între 20 μm și 300 μm.

Cererea de brevet de invenție CN110687169A cu titlul "Humidity-sensitive carbon nanotube/graphene/organic composite flexible material, humidity sensor and preparation method thereof" (慕春红 彭自如 邢志昊 宋远强 甘洪庆 康铭文 蒋英豪) se referă la un senzor rezistiv de umiditate relativă utilizând ca strat sensibil la variația umidității o matrice nanocompozită de tipul oxid de grafenă - nanotuburi de carbon. Substratul flexibil poate fi constituit din polipropilenă, poliacrilonitril, polietilentereftalat, cianoacrilat. Materialul flexibil compozit are o sensibilitate ridicată la umiditate, iar metoda de preparare este simplă, cu un cost de producție scăzut.

Brevetul de invenție KR102235307B1 cu titlul "Chitosan-carbon nanotube core-shell nanohybrid based humidity sensor" (慕春红 彭自如 邢志昊 宋远强 甘洪庆 康铭文 蒋英豪) se referă la un



senzor rezistiv de umiditate relativă utilizând ca strat sensibil la variația umidității un nanocompozit hibrid de tipul chitosan - nanotuburi de carbon cu pereți multipli. Electrozii pot fi constituiți din fier, aur, argint, cupru, platină, titan, aluminiu, sau paladiu. Senzorul revendicat poate opera în domeniul de umidități relative între 30% și 100% RH (*relative humidity*) și prezintă un timp de răspuns bun precum și o excelentă reproductibilitate.

Brevetul de invenție **CN101793856B** cu titlul "Preparation method of graphene complex based humidity sensor (慕春红 彭自如 邢志昊 宋远强 甘洪庆 康铭文 蒋英豪) se referă la un senzor rezistiv de umiditate relativă utilizând ca strat sensibil la variația umidității complexul polivinilpirolidonă - grafenă. Grosimea filmului sensibil la variația umidității este de circa 1-2 nanometri. Substratul utilizat este constituit din siliciu, în vreme ce electrozii sunt realizați din materiale precum aur sau argint.

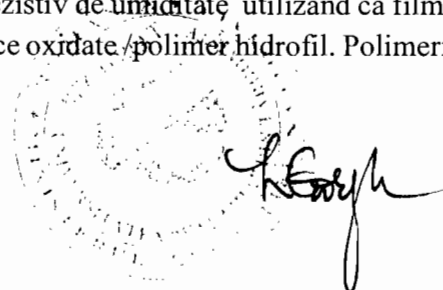
Brevetul de invenție **WO2012178071A2** cu titlul "Device and methods for temperature and humidity measurements using a nanocomposite film sensor" (Gustavo E. FERNANDES Jingming Xu, Jin Ho Kim) se referă la un senzor rezistiv de umiditate relativă utilizând ca strat sensibil la variația umidității un nanocompozit de tip hidrogel - nanoparticule carbonice. Hidrogelul poate fi constituit din poli(N-izopropilacrilamida), poli(metilglicerol), polietilenglicol. Nanoparticulele carbonice pot fi constituite din grafenă, oxid de grafenă, nanotuburi de carbon.

Nanohornurile carbonice sunt materiale cu o structură tubulară, înrudite cu nanotuburile de carbon [29, 30]. Ele se pot sintetiza prin ablația laser a grafitului.

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 [31-39].

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 Varsescu, 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. Nanocompozitul depus prin metodele *spin coating* și *drop casting* pe un substrat dielectric de 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 **RO 134261A2** cu titlul „Senzor chemirezistiv de umiditate pe bază de matrice nanocompozite conținând nanohornuri carbonice hidrofile” (Bogdan Cătălin Șerban, Octavian Buiu, Cornel Cobianu, Viorel Avramescu, Ionela Cristina Pachiu, Octavian Narcis Ionescu, Maria Roxana Marinescu) se referă la un senzor rezistiv de umiditate utilizând ca filme senzitive nanocompozite constituite din nanohornuri carbonice oxidate / polimer hidrofil. Polimerii



hidrofili selectați sunt carboximetilceluloza sodică și agaroză. Senzorul propus este constituit dintr-un substrat dielectric precum Lexan, electrozi (crom, aluminiu, cupru, etc.) și filmul sensibil la umiditate, depus prin metodele „spin coating” sau „drop casting”.

Cererea de brevet de invenție **RO 134263A2** cu titlul „Senzor chemirezistiv de umiditate pe bază de compozite nanocarbonice” (Bogdan-Cătălin Șerban, Octavian Buiu, Cornel Cobianu, Viorel Avramescu, Octavian Narcis Ionescu, Maria Roxana Marinescu,) se referă la un senzor rezistiv de umiditate utilizând ca straturi senzitive materiale nanocompozite constituite din nanohornuri carbonice oxidate/polivinilpirolidonă (PVP) și nanohornuri carbonice oxidate/ alcool polivinilic (PVA). Senzorul propus este constituit dintr-un substrat dielectric precum sticla, PET, Kapton electrozi (aluminiu, cupru, crom, etc.) și filmul sensibil la umiditate, depus prin metodele electrospinning (electrofilare), spin coating, drop casting.

Cererea de brevet de invenție **RO00473 A** cu titlul "Senzor de dioxid de carbon" (Bogdan Cătălin Șerban, Octavian Buiu, Cornel Cobianu, Maria Roxana Marinescu) se referă la obținerea unor noi senzori gravimetrice pentru monitorizarea concentrației de dioxid de carbon. Filmele senzitive descrise în această invenție se utilizează în designul unui senzor cu unde acustice de suprafață (SAW). Straturile senzitive descrise în această invenție, utilizate pentru obținerea unor senzori de dioxid de carbon, sunt nanohornuri carbonice și materiale nanocarbonice de tip ceapă funcționalizate cu grupări de tipul $-CO-NH-CH_2-CH_2-NH-CH_2-CH_2-NH_2$, notate generic CNHs-R-NH-R-NH₂ și CNOs-R-NH-R-NH₂.

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.

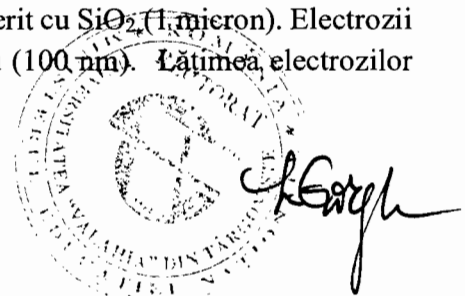
Straturile senzitive descrise în această invenție, care pot fi utilizate pentru obținerea unor senzori rezistivi de umiditate relativă, sunt matrice nanocompozite nanohornuri carbonice (**Fig.1**) / polivinilpirolidonă. Din punct de vedere al principiului de detecție, rezistența stratului conductiv variază cu nivelul umidității relative.

Utilizarea nanohornurilor carbonice (CNHs) prezintă câteva avantaje semnificative:

- nanohornurile carbonice conferă un raport mare suprafață specifică / volum, afinitate pentru moleculele de apă, precum și o variație a rezistenței stratului sensibil la contactul cu acestea pe tot domeniul de RH;
- detecție la temperatura camerei.

Polivinilpirolidonă (PVP) este un polimer hidrofil, cu excelente proprietăți de liant (*binder*).

Substratul senzorului este realizat din siliciu (470 microni) acoperit cu SiO₂ (1 micron). Electrozii au fost conectați prin depunerea succesivă de CrN (10 nm) și Au (100 nm). Lățimea electrozilor



este de aproximativ 200 micrometri, cu o separare de 6 mm între ele. Electrozii pot fi liniari (**Fig.2**) sau pot avea o configurație interdigitată (**Fig.3**).

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

Exemplu

Materiile prime necesare sintezei stratului sensibil sunt, în primul caz, polivinilpirolidonă ($M = 1.300.000$ Da), nanohornurile carbonice, dimetilformamida. Toate materialele sunt achiziționate de la Sigma Aldrich.

- 1) Soluția de polivinilpirolidonă în apă se prepară prin dizolvarea a 1 mg polimer în 10 mL dimetilformamidă, sub agitare magnetică timp de 24 ore, la temperatura camerei.
- 2) Se adaugă soluției preparate anterior 1 mg nanohornuri carbonice și se continuă agitarea magnetică timp de 12 ore, la temperatura camerei.
- 3) Dispersia obținută se depune prin metoda picurării (*drop casting*) utilizând un substrat de Si/SiO₂ cu electrozi liniari sau cu electrozi interdigați (după ce în prealabil s-a realizat mascarea zonei de contacte).
- 4) Stratul sensibil obținut se supune unui tratament termic la 100°C, 90 minute, 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 nanohornuri carbonice / polivinilpirolidonă. Măsurătorile au fost efectuate în atmosferă de azot, la temperatura camerei, la diferite valori ale umidității relative. În **Fig. 4** se prezintă o comparație între performanța senzorului de umiditate care utilizează stratul sensibil obținut în exemplul de mai sus (curba R) și a senzorului de umiditate de tip capacitiv, comercializat de firma Honeywell (curba RH).

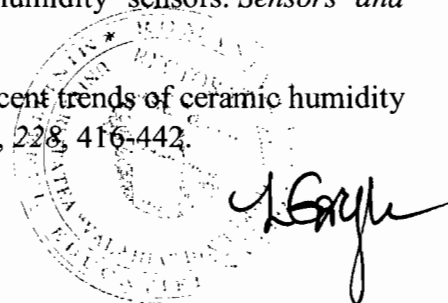
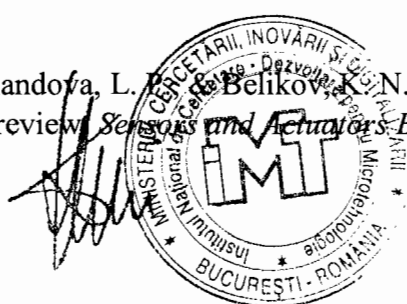


Titlu: **Senzor rezistiv pentru monitorizarea umidității relative**

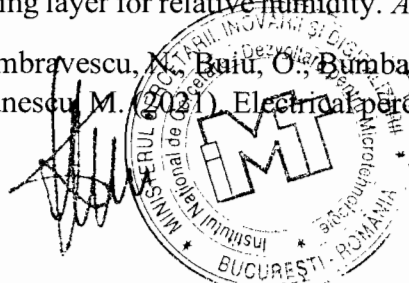
Inventatori: Bogdan Cătălin Șerban, Octavian Buiu, Marius Bumbac, Cristina Mihaela Nicolescu

Bibliografie

1. Sikarwar, S., & Yadav, B. C. (2015). Opto-electronic humidity sensor: A review. *Sensors and Actuators A: Physical*, 233, 54-70.
2. Lee, C. Y., & Lee, G. B. (2005). Humidity sensors: a review. *Sensor Letters*, 3(1-2), 1-15.
3. Farahani, H., Wagiran, R., & Hamidon, M. N. (2014). Humidity sensors principle, mechanism, and fabrication technologies: a comprehensive review. *Sensors*, 14(5), 7881-7939.
4. Duan, Z., Jiang, Y., & Tai, H. (2021). Recent advances in humidity sensor for human body related humidity detections. *Journal of Materials Chemistry C*.
5. Ji, H., Zeng, W., & Li, Y. (2019). Gas sensing mechanisms of metal oxide semiconductors: a focus review. *Nanoscale*, 11(47), 22664-22684.
6. Wang, C., Yin, L., Zhang, L., Xiang, D., & Gao, R. (2010). Metal oxide gas sensors: sensitivity and influencing factors. *sensors*, 10(3), 2088-2106.
7. Yawale, S. P., Yawale, S. S., & Lamdhade, G. T. (2007). Tin oxide and zinc oxide based doped humidity sensors. *Sensors and Actuators A: Physical*, 135(2), 388-393.
8. Sohn, J. H., Atzeni, M., Zeller, L., & Pioggia, G. (2008). Characterisation of humidity dependence of a metal oxide semiconductor sensor array using partial least squares. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 131(1), 230-235.
9. Liu, X., Wang, R., Zhang, T., He, Y., Tu, J., & Li, X. (2010). Synthesis and characterization of mesoporous indium oxide for humidity-sensing applications. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 150(1), 442-448.
10. Șerban, B. C., Buiu, O., Dumbravescu, N., Cobianu, C., Avramescu, V., Brezeanu, M., ... & Nicolescu, C. M. (2020). Optimization of Sensing Layers Selection Process for Relative Humidity Sensors. *Sci. Technol*, 23, 93-104.
11. Song, X., Qi, Q., Zhang, T., & Wang, C. (2009). A humidity sensor based on KCl-doped SnO₂ nanofibers. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 138(1), 368-373.
12. Geng, W., Yuan, Q., Jiang, X., Tu, J., Duan, L., Gu, J., & Zhang, Q. (2012). Humidity sensing mechanism of mesoporous MgO/KCl-SiO₂ composites analyzed by complex impedance spectra and bode diagrams. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 174, 513-520.
13. Qi, Q., Zhang, T., Zeng, Y., & Yang, H. (2009). Humidity sensing properties of KCl-doped Cu-Zn/CuO-ZnO nanoparticles. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 137(1), 21-26.
14. Li, L., Li-Ying, K., Zhi-Cheng, Z., Lian-Yuan, W., Li-Fang, L., & Wei, L. (2010). Preparation and humidity sensing properties of KCl/MCM-41 composite. *Chinese Physics Letters*, 27(5), 050701.
15. Seiyama, T., Yamazoe, N., & Arai, H. (1983). Ceramic humidity sensors. *Sensors and Actuators*, 4, 85-96.
16. Blank, T. A., Eksperiandova, L. P., & Belikov, K. N. (2016). Recent trends of ceramic humidity sensors development: A review. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 228, 416-442.



17. Nitta, T., & Hayakawa, S. (1980). Ceramic humidity sensors. *IEEE transactions on components, Hybrids, and Manufacturing Technology*, 3(2), 237-243.
18. Traversa, E. (1995). Ceramic sensors for humidity detection: the state-of-the-art and future developments. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 23(2-3), 135-156.
19. Yeh, Y. C., Tseng, T. Y., & Chang, D. A. (1989). Electrical properties of porous titania ceramic humidity sensors. *Journal of the American Ceramic Society*, 72(8), 1472-1475.
20. Han, J. W., Kim, B., Li, J., & Meyyappan, M. (2012). Carbon nanotube based humidity sensor on cellulose paper. *The Journal of Physical Chemistry C*, 116(41), 22094-22097.
21. Zhao, Z. G., Liu, X. W., Chen, W. P., & Li, T. (2011). Carbon nanotubes humidity sensor based on high testing frequencies. *Sensors and Actuators A: Physical*, 168(1), 10-13.
22. Zhang, X., Turkani, V. S., Hajian, S., Bose, A. K., Maddipatla, D., Hanson, A. J., ... & Atashbar, M. Z. (2019, July). Novel printed carbon nanotubes based resistive humidity sensors. In *2019 IEEE International Conference on Flexible and Printable Sensors and Systems (FLEPS)* (pp. 1-3). IEEE.
23. 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.
24. Lv, C., Hu, C., Luo, J., Liu, S., Qiao, Y., Zhang, Z., ... & Watanabe, A. (2019). Recent advances in graphene-based humidity sensors. *Nanomaterials*, 9(3), 422.
25. Borini, S., White, R., Wei, D., Astley, M., Haque, S., Spigone, E., ... & Ryhanen, T. (2013). Ultrafast graphene oxide humidity sensors. *ACS nano*, 7(12), 11166-11173.
26. Smith, A. D., Elgammal, K., Niklaus, F., Delin, A., Fischer, A. C., Vaziri, S., ... & Lemme, M. C. (2015). Resistive graphene humidity sensors with rapid and direct electrical readout. *Nanoscale*, 7(45), 19099-19109.
27. 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.
28. Chaudhary, P., Maurya, D. K., Yadav, S., Pandey, A., Tripathi, R. K., & Yadav, B. C. (2021). Ultrafast responsive humidity sensor based on roasted gram derived carbon quantum dots: experimental and theoretical study. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 329, 129116.
29. Zhu, S., & Xu, G. (2010). Single-walled carbon nanohorns and their applications. *Nanoscale*, 2(12), 2538-2549.
30. Karousis, N., Suarez-Martinez, I., Ewels, C. P., & Tagmatarchis, N. (2016). Structure, properties, functionalization, and applications of carbon nanohorns. *Chemical reviews*, 116(8), 4850-4883.
31. Serban, B. C., Cobianu, C., Buiu, O., Bumbac, M., Dumbravescu, N., Avramescu, V., Nicolescu, C.M.; Brezeanu, M.; Radulescu, C.; Craciun, G.; Romanitan, C.; Comanescu, F. (2021). Quaternary Oxidized Carbon Nanohorns—Based Nanohybrid as Sensing Coating for Room Temperature Resistive Humidity Monitoring. *Coatings*, 11(5), 530.
32. Serban, B. C., Buiu, O., Dumbravescu, N., Cobianu, C., Avramescu, V., Brezeanu, M., Bumbac, M., Pachi, C., Nicolescu, C. M. (2021). Oxidized carbon nanohorn-hydrophilic polymer nanocomposite as the resistive sensing layer for relative humidity. *Analytical Letters*, 54(3), 527-540.
33. Serban, B. C., Cobianu, C., Dumbravescu, N., Buiu, O., Bumbac, M., Nicolescu, C. M., Cobianu C., Brezeanu, M., Pachi, C., Serbanescu, M. (2021). Electrical percolation threshold and size effects



in polyvinylpyrrolidone-oxidized single-wall carbon nanohorn nanocomposite: The impact for relative humidity resistive sensors design. *Sensors*, 21(4), 1435.

34. Serban, B. C., Cobianu, C., Buiu, O., Bumbac, M., Dumbravescu, N., Avramescu, V., Nicolescu, C.M., Brezeanu, M., Pachiu, C., Craciun, G., Radulescu, C. (2021). Ternary nanocomposites based on oxidized carbon nanohorns as sensing layers for room temperature resistive humidity sensing. *Materials*, 14(11), 2705.

35. Serban, B. C., Buiu, O., Cobianu, C., Avramescu, V., Dumbravescu, N., Brezeanu, M., Bumbac, M., Nicolescu, C.M., Marinescu, R. (2019). Ternary carbon-based nanocomposite as sensing layer for resistive humidity sensor. *Multidisciplinary Digital Publishing Institute Proceedings*, 29(1), 114.

36. Serban, B. C., Buiu, O., Bumbac, M., Dumbravescu, N., Avramescu, V., Brezeanu, M., Radulescu, C.; Craciun, G.; Nicolescu, C.M., Romanitan, C., Comanescu, F. (2021). Ternary Holey Carbon Nanohorns/TiO₂/PVP Nanohybrids as Sensing Films for Resistive Humidity Sensors. *Coatings*, 11(9), 1065.

37. Cobianu, C., Serban, B. C., Dumbravescu, N., Buiu, O., Avramescu, V., Pachiu, C., Bitu, B., Bumbac, M., Nicolescu, C.M., Cobianu, C. (2020). Organic-inorganic ternary nanohybrids of single-walled carbon nanohorns for room temperature chemiresistive ethanol detection. *Nanomaterials*, 10(12), 2552.

38. Serban, B. C., Buiu, O., Bumbac, M., Marinescu, R., Dumbravescu, N., Avramescu, V., Cobianu, C., Nicolescu, C.M., Brezeanu, M., Radulescu, C., Comanescu, F. (2021). Ternary Oxidized Carbon Nanohorns/TiO₂/PVP Nanohybrid as Sensitive Layer for Chemoresistive Humidity Sensor. *Chemistry Proceedings*, 5(1), 12.

39. Sano, N., Kinugasa, M., Otsuki, F., & Suehiro, J. (2007). Gas sensor using single-wall carbon nanohorns. *Advanced Powder Technology*, 18(4), 455-466.



Titlu: **Senzor rezistiv pentru monitorizarea umidității relative**

Inventatori: Bogdan Cătălin Șerban, Octavian Buiu, Marius Bumbac, Cristina Mihaela Nicolescu

Revendicări

1. Senzor chemirezistiv 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 binar de tipul nanohornuri carbonice / polivinilpirolidonă, procentul masic de nanohornuri carbonice în stratul senzitiv variind între 50 și 90 %.
2. Senzor chemirezistiv, conform revendicării 1, **care se caracterizează prin aceea că** substratul dielectric poate fi construit din Si/SiO₂, sticlă, poliimidă și poate avea o grosime între 50 micrometri și 5 milimetri.
3. Senzor chemirezistiv, conform revendicării 1, **care se caracterizează prin aceea că** electrozii utilizați se depun pe suprafața substratului dielectric prin printare directă, pulverizare catodică sau evaporare.
4. Senzor chemirezistiv, conform revendicărilor 1 și 3, **care se caracterizează prin aceea că** electrozii utilizați pot fi constituiți din același material (crom, aur) sau din materiale diferite.
5. Senzor chemirezistiv, conform revendicărilor 1, 3 și 4 **care se caracterizează prin aceea că** electrozii utilizați pot fi liniari sau pot avea o configurație interdigitată.
6. Senzor chemirezistiv, conform revendicărilor 1, 3, 4 și 5, **care se caracterizează prin aceea că** depunerea stratului senzitiv se realizează din soluție, utilizând dimetilformamida, prin metoda picurării (*drop casting*) pe substratul de Si/SiO₂ cu electrozi liniari sau interdigați.
7. Senzor chemirezistiv, conform revendicărilor 1 și 6, **care se caracterizează prin aceea că** utilizarea acestuia pentru monitorizarea umidității presupune aplicarea unui curent constant între doi electrozi și măsurarea tensiunii electrice care traversează stratul senzitiv la diverse valori ale umidității relative.



Titlu: **Senzor rezistiv pentru monitorizarea umidității relative**

Inventatori: Bogdan Cătălin Șerban, Octavian Buiu, Marius Bumbac, Cristina Mihaela Nicolescu

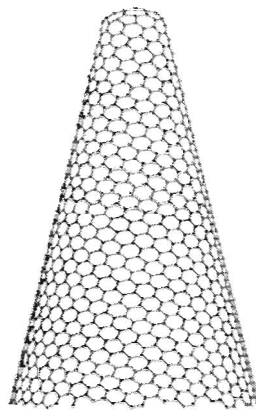


Fig.1

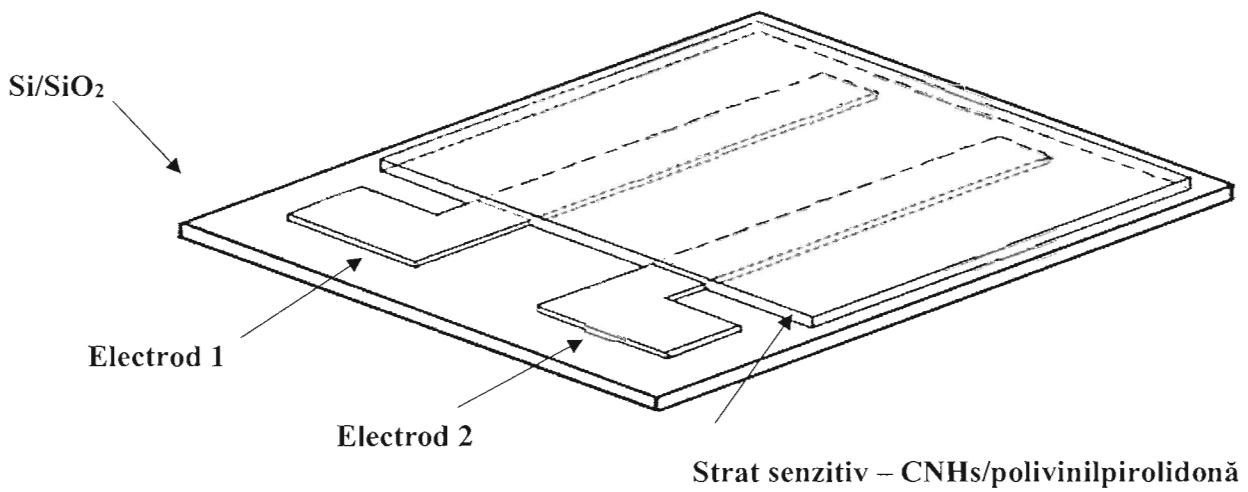
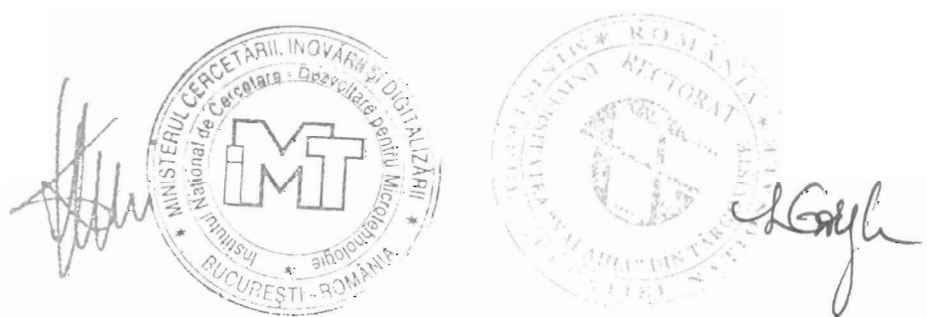


Fig. 2



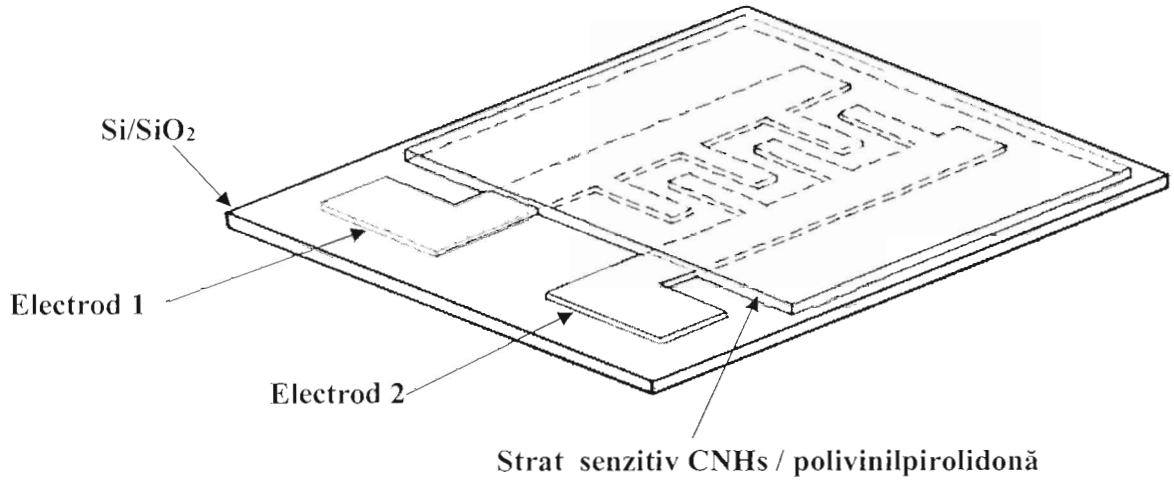


Fig. 3

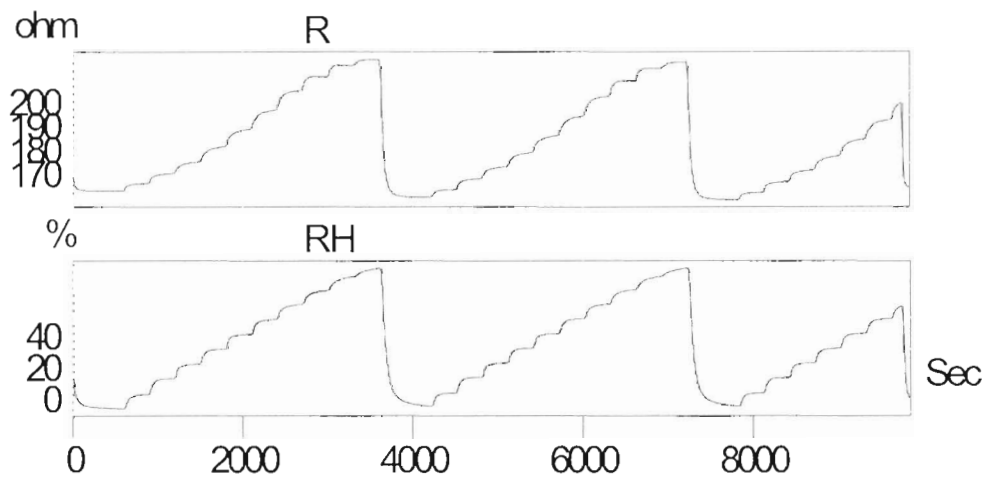


Fig. 4

