

(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2020 00478

(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:
• ȘERBAN BOGDAN CĂTĂLIN, STR.LIVIU
REBREANU, NR.32A, BL.PM.70, AP.80,
SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO;

• BUIU OCTAVIAN,
STR. CETATEA DE BALTĂ NR. 26, BL. P10,
SC. E, ET. 1, AP. 72, SECTOR 6,
BUCUREȘTI, B, RO;
• COBIANU CORNEL,
ȘOS. BUCUREȘTI-MĂGURELE NR.72 D,
SECTOR 5, BUCUREȘTI, B, RO;
• MARINESCU MARIA ROXANA,
ȘOS. IANCULUI NR.68, ET.1, AP.2,
SECTOR 2, BUCUREȘTI, B, RO

(54) STRAT SENZITIV PENTRU SENZOR GRAVIMETRIC
DE DIOXID DE CARBON

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un senzor cu unde acustice de suprafață pentru monitorizarea concentrației de dioxid de carbon din diferite sectoare de activitate casnice și industriale, cum sunt domeniul medical, industria alimentară, industria băuturilor alcoolice, agricultura, industria chimică, industria farmaceutică și altele asemenea. Senzorul conform invenției este alcătuit dintr-un substrat piezoelectric realizat din cuarț, o pereche de traductori interdigitali și în strat senzitiv la dioxid de carbon constituit din nanohornuri carbonice funcționalizate cu grupări amino CNH - NH₂ sau materiale nanocarbonice de tip ceapă funcționalizate cu grupări amino CNO_s - NH₂ sau un amestec echimasic al acestora, unde nanohornurile carbonice sau materialele nanocarbonice de tip ceapă funcționalizate cu grupări amino se sintetizează prin tratamentul acestora în plasmă de Ar - N₂ - H₂ și au un conținut procentual de azot care variază între 10...15%, straturile senzitive de tipul nanohornurilor carbonice funcționalizate cu grupări amino obținându-se prin metoda "spin coating", straturile senzitive de tipul materialelor nanocarbonice de tip ceapă funcționalizate cu grupări amino se obțin prin metoda "drop casting" iar straturile senzitive de tipul amestec echimasic CNH - NH₂/CNO_s - NH₂ se obțin prin metoda "drop casting".

Revendicări: 8
Figuri: 3

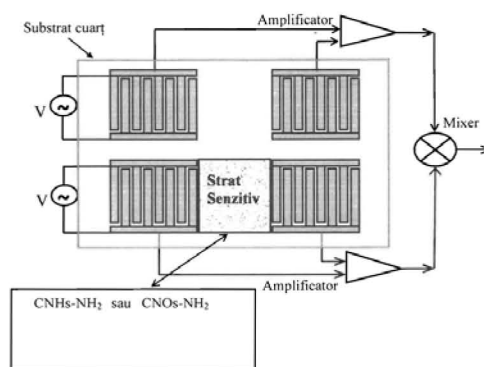


Fig. 3

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 2020 ep 478
Data depozit	31-07-2020

10

Descriere

Monitorizarea concentrației dioxidului de carbon reprezintă un proces important în diferite sectoare de activitate casnică și industrială, precum controlul calității aerului în spații închise (aer condiționat și sisteme de ventilație), domeniul medical (monitorizarea respirației, a anesteziei, precum și a apneei în somn), tehnologia produselor alimentare (proces de împachetare, transport), industria băuturilor alcoolice (măsurarea CO₂ în bere și băuturi mixte pe bază de bere, obținerea sortimentelor de cafea decafeinizată), agricultură (monitorizarea fluxului de CO₂ în sol, camere de creștere a plantelor), industria chimică, industria farmaceutică, măsurători ecologice, etc. [1-3]. Astfel, datorită numărului mare de aplicații, piața senzorilor de dioxid de carbon este în continuă expansiune.

Alături de senzorii electrochimici [4-8] și optici [9-14], senzorii gravimetrice reprezintă o alternativă de monitorizare a CO₂ [15-21].

Oxizii metalici și polimerii au fost utilizați intensiv ca straturi senzitive în detecția și monitorizarea CO₂ utilizând senzori de tip gravimetric.

Nu în ultimul rând, materialele nanocarbone [22-29] au suscitat interesul ca straturi senzitive în detecția dioxidului de carbon.

Brevetul de invenție **US7913541B2** cu titlul "*Matrix nanocomposite containing amino carbon nanotubes for carbon dioxide sensor detection*" (Bogdan- Cătălin Șerban, Cornel P. Cobianu, Mircea Bercu, Nicolae Varachiu, Mihai N Mihăilă, Cazimir G. Bostan, Ștefan Ioan Voicu) se referă la senzori de tip SAW -BAW (unde acustice de suprafață - unde acustice de volum) pentru detecția dioxidului de carbon. Substratul piezorezistiv este constituit din cuarț, iar straturile senzitive sunt matrice nanocompozite de tip amină sau polimer cu grupări amino – nanotuburi de carbon. Printre aminele selectate se pot menționa dietanolamina, trietanolamina, în timp ce polimerii utilizați sunt polialilamină, polietilenimină (PEI), polivinilamină, Versamid 900, BMBT (N,N bis-(p-metoxibenziliden)-α-α'-bi-p-toluidină), etc. Materialele nanocarbone revendicate pentru detecția dioxidului de carbon sunt nanotuburi de carbon cu grupări aminometil sau de tip aminosulfonic. Procentul masic al nanotuburilor de carbon în matricea compozită variază între 5 și 15%. Interacția dioxidului de carbon cu matricea nanocompozită, la temperatura camerei, conduce la formarea de carbamați, reacția fiind reversibilă.

Cererea de brevet de invenție **US20080216558A1** cu titlul "*SAW based CO₂ sensors using carbon nanotubes as the sensitive layer*" (Sarin Anakkat Koyilothu, Raju A. Raghurama) se referă la un senzor gravimetric de CO₂ de tip SAW (unde acustice de suprafață) care utilizează drept strat senzitiv nanotuburi de carbon. Adsorbția/absorbția moleculelor de dioxid de carbon pe nanotubul de carbon schimbă conductivitatea materialului nanocarbone. Această modificare a conductivității schimbă viteza unde acustice de suprafață care se deplasează prin nanotuburi și generează o schimbare de frecvență care este proporțională cu concentrația dioxidului de carbon din mediul analizat.

Interacția dioxidului de carbon cu compușii de tip amină (atât alifatic, cât și aromatic) este cunoscută în literatura de specialitate. De altfel, mulți dintre compușii care se utilizează ca absorbant ai CO₂ sunt amine organice simple sau imobilizate în structura unor zeoliți, silicați, sau MOFs (metal-organic frameworks) [30-34].

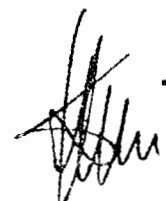
Brevetul de invenție **US8230720B2** cu titlul "*Functionalized monolayers for carbon dioxide detection by a resonant nanosensor*" (Bogdan-Cătălin Șerban, Cornel Cobianu, Mihai N. Mihăilă, Viorel-Georgel Dumitru) se referă la un senzor gravimetric de dioxid de carbon de tip rezonant. Substratul senzorului este constituit din siliciu, care se hidrofiliizează și se funcționează ulterior cu compuși de tipul etanolamina, dietanolamina, 1,3 diamino 2-propanol, 4- amino-1 butanol, 4-N-metil amino-1-butanol, 5 amino 1-pentanol, 5 N-metil amino-1 pentanol, 6 amino-1 hexanol, 6 metilamino-1 hexanol. Designul senzitiv s-a realizat în concordanță cu teoria HSAB (Hard Soft Acids and Bases). Straturile senzitive conțin grupări amino (baze tari) care pot interacționa reversibil cu dioxidul de carbon (acid tare), la temperatura camerei.

Brevetul de invenție **US8826724B2** cu titlul "*Carbon dioxide sensor*" (Bogdan Serban, Mihai N. Mihaila, Cornel Cobianu, Viorel Georgel Dumitru, Octavian Buiu) se referă la senzori rezonanți pentru detecția dioxidului de carbon. Substratul senzorului este constituit din siliciu, iar straturile senzitive sunt matrice nanocompozite de tip polimer – nanotuburi de carbon, polimeri- lichide ionice, nanotuburi de carbon – lichide ionice. Toate materialele senzitive conțin grupări amino, care asigură interacția reversibilă, la temperatura camerei, cu dioxidul de carbon. Printre polimerii utilizați se pot menționa polialilamina, polidialilamina, politrialilamina, polivinilamina, poli(aminopropiletoxi/propiletoxisilan)(PAPP). Lichidele ionice utilizate sunt de tipul 1-(4-amino butil)-3 metilimidazol hexafluorofosfat, 1-(2-amino etil)-3 metilimidazol tetrafluoroborat, or combinații ale acestora. Nanotuburile de carbon utilizate conțin, de asemenea, grupări amino de tip alifatic (baze tari, conform teoriei HSAB).

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția prezentă constă în obținerea de noi straturi senzitive la variația concentrației de dioxid de carbon. Filmele senzitive descrise în această invenție, utilizate în designul unui senzor cu unde acustice de suprafață de tip SAW, sunt nanohornuri carbonice funcționalizate cu grupări amino, precum și materiale nanocarbonice de tip ceapă funcționalizate cu grupări amino. Grefarea grupărilor de tip amino se realizează prin tratamentul materialelor nanocarbonice în plasmă de Ar-N₂-H₂ [35]. Speciile radicalice N•, care funcționează nanohornurile carbonice și materialele nanocarbonice de tip ceapă, reacționează cu atomii de hidrogen (produși, de asemenea, în plasmă) pentru a genera grupările amino primare.

Acest tip de funcționalizare conferă selectivitate materialelor nanocarbonice pentru detecția de dioxid de carbon. Suplimentar, optimizarea procentului de azot din materialul nanocarbonic funcționalizat (în fapt, populația de grupări amino primare) se poate realiza atât prin varierea timpului de expunere în plasmă a materialului nanocarbonic, cât și prin modificarea puterii plasmei și a compoziției acesteia.

Straturile senzitive precum nanohornurile funcționalizate cu grupări amino (notat generic CNH-NH₂, Fig.1) și materialele nanocarbonice de tip ceapă funcționalizate cu grupări amino (notat generic CNOs-NH₂) interacționează cu moleculele dioxid de carbon. Adsorbția și absorbția moleculelor CO₂ modifică proprietățile mecanice și electrice ale stratului senzitiv de CNH-NH₂ sau CNOs-NH₂, ceea ce conduce la schimbarea vitezei de propagare și a



frecvenței undei acustice de suprafață. Gradul de modificare al vitezei și frecvenței undei acustice este proporțional cu cantitatea de CO₂ ad/absorbită în filmul nanocarbonic funcționalizat.

Senzorul utilizat este de tip „linie de întârziere” (delay line), dual, realizat pe un substrat piezoelectric de cuarț. Senzorul prezintă o linie dublă de întârziere pentru a compensa driftul termic. Astfel, o linie de întârziere este acoperită cu CNH-NH₂ sau CNOs-NH₂, cea de-a doua linie de întârziere fiind substratul piezoelectric, fără strat senzitiv. Pentru a obține un semnal datorat exclusiv interacției chimice CNOs-NH₂ cu dioxidul de carbon, semnalul asociat liniei de întârziere fără strat senzitiv poate fi scăzut din semnalul liniei de întârziere acoperită cu CNOs-NH₂ (schema diferențială - Fig. 3).

Utilizarea nanohornurilor funcționalizate cu grupări amino (CNH-NH₂), precum și a materialelor nanocarbonice de tip ceapă funcționalizate cu grupări amino (CNOs-NH₂) conferă senzorerului câteva avantaje semnificative:

- proprietăți mecanice superioare;
- prezența CNH-NH₂ și a CNOs-NH₂ conferă un raport mare suprafață specifică / volum, afinitate pentru moleculele de CO₂ prin interacțiile cu grupările amino, precum și o variație a rezistenței stratului senzitiv la contactul cu acestea (“electric loading”);
- răspunsul rapid al senzorului la variații ale valorii concentrației de CO₂;
- reversibilitate;
- detecție la temperatura camerei.

În cele ce urmează se prezintă etapele necesare pentru obținerea straturilor sensitive la dioxid de carbon .

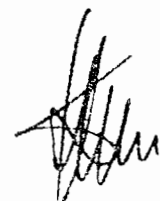
Exemplul 1

1. Materialele nanocarbonice de tip nanohorn (40 mg), achiziționate de la Sigma Aldrich, se supun tratamentului în plasma de Ar-N₂-H₂, în vederea grefării grupărilor amino.
2. CNH-NH₂ obținute se spală cu etanol, acetonă și apă deionizată.
3. Se prepară o soluție de CNH-NH₂ (3 mg) în 30 mL dimetilformamidă și se supune ultrasonării la temperatura camerei, timp de 12 ore.
4. Soluția obținută se depune prin metoda spin coating pe substratul de cuarț (2000 rpm, timp de 60 s).
5. Filmul obținut se supune încălzirii la 100°C, timp de 90 minute.
6. Filmul obținut se supune unui tratament termic final, la 200°C, timp de 10 minute.

Exemplul 2

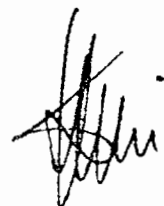
Etapele necesare obținerii stratului senzitiv sunt următoarele:

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



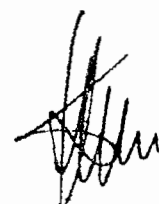
7

2. Materialele nanocarbonice de tip ceapă se supune tratamentului în plasmă de Ar-N₂-H₂, în vederea grefării grupărilor de tip amină primară.
3. CNOs-NH₂ obținute se spală cu etanol, acetonă și apă deionizată.
4. Se prepară o soluție de CNOs-NH₂ (5 mg) în 50 mL dimetilformamidă și se supune ultrasonării la temperatura camerei, timp de 10 ore.
5. Soluția obținută se depune prin metoda drop casting pe substratul de cuarț.
6. Filmul obținut se supune încălzirii la 100⁰C, timp de două ore.
7. Filmul obținut se supune unui tratament termic final, la 200⁰C, timp de 10 minute.

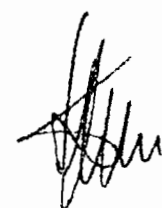


Referințe

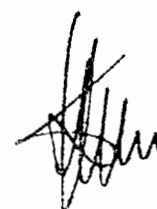
1. Neethirajan, S., Jayas, D. S., & Sadistap, S. (2009). Carbon dioxide (CO₂) sensors for the agri-food industry—a review. *Food and Bioprocess Technology*, 2(2), 115-121.
2. Folke, M., Cernerud, L., Ekström, M., & Hök, B. (2003). Critical review of non-invasive respiratory monitoring in medical care. *Medical and Biological Engineering and Computing*, 41(4), 377-383.
3. Cao, W., & Duan, Y. (2006). Breath analysis: potential for clinical diagnosis and exposure assessment. *Clinical chemistry*, 52(5), 800-811.
4. Schmidt, S., Langner, K., Dudenhausen, J. W., & Saling, E. (1985). Reliability of transcutaneous measurement of oxygen and carbon dioxide partial pressure with a combined PO₂-PCO₂ electrochemical sensor in the fetus during labor. *Journal of Perinatal Medicine-Official Journal of the WAPM*, 13(3), 127-134.
5. Yao, S., & Wang, M. (2002). Electrochemical sensor for dissolved carbon dioxide measurement. *Journal of the Electrochemical Society*, 149(1), H28-H32.
6. Yang, Y., & Liu, C. C. (2000). Development of a NASICON-based amperometric carbon dioxide sensor. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 62(1), 30-34.
7. Chandrasekhar, P., & Venkatesetty, H. V. (1989). *U.S. Patent No. 4,851,088*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
8. Sadaoka, Y., Sakai, Y., & Manabe, T. (1992). CO₂ sensing characteristics of a solid-state electrochemical sensor based on a sodium ionic conductor. *Journal of Materials Chemistry*, 2(9), 945-947.
9. Kaur, J., Adamchuk, V. I., Whalen, J. K., & Ismail, A. A. (2015). Development of an NDIR CO₂ sensor-based system for assessing soil toxicity using substrate-induced respiration. *Sensors*, 15(3), 4734-4748.
10. Pandey, S. K., & Kim, K. H. (2007). The relative performance of NDIR-based sensors in the near real-time analysis of CO₂ in air. *Sensors*, 7(9), 1683-1696.
11. Martin, C. R., Zeng, N., Karion, A., Dickerson, R. R., Ren, X., Turpie, B. N., & Weber, K. J. (2017). Evaluation and environmental correction of ambient CO₂ measurements from a low-cost NDIR sensor. *Atmospheric Measurement Techniques*, 10.
12. Yasuda, T., Yonemura, S., & Tani, A. (2012). Comparison of the characteristics of small commercial NDIR CO₂ sensor models and development of a portable CO₂ measurement device. *Sensors*, 12(3), 3641-3655.
13. Kwon, J., Ahn, G., Kim, G., Kim, J. C., & Kim, H. (2009, August). A study on NDIR-based CO₂ sensor to apply remote air quality monitoring system. In *2009 Iccas-Sice* (pp. 1683-1687). IEEE.
14. Moumen, S., Raible, I., Krauß, A., & Wöllenstein, J. (2016). Infrared investigation of CO₂ sorption by amine-based materials for the development of a NDIR CO₂ sensor. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 236, 1083-1090.
15. B., Ju, Y. F., Li, W. L., Sun, W. Z., Xu, X., Shao, Y., ... & Wen, L. M. (2012). Carbon dioxide gas sensor using SAW device based on ZnO film. In *Applied Mechanics and Materials* (Vol. 135, pp. 347-352). Trans Tech Publications Ltd.



16. Ghosh, A., Zhang, C., Shi, S., & Zhang, H. (2019). High temperature CO₂ sensing and its cross-sensitivity towards H₂ and CO gas using calcium doped ZnO thin film coated langasite SAW sensor. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 301, 126958.
17. Talbi, A., Sarry, F., Moreira, F., Elhakiki, M., Elmazria, O., Le Brizoual, L., & Alnot, P. (2004, August). Zero TCF ZnO/Quartz SAW structure for gas sensing applications. In *Proceedings of the 2004 IEEE International Frequency Control Symposium and Exposition, 2004*. (pp. 542-545). IEEE.
18. Lim, C., Wang, W., Yang, S., & Lee, K. (2011). Development of SAW-based multi-gas sensor for simultaneous detection of CO₂ and NO₂. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 154(1), 9-16.
19. Hoyt, A. E., Ricco, A. J., Bartholomew, J. W., & Osbourn, G. C. (1998). SAW sensors for the room-temperature measurement of CO₂ and relative humidity. *Analytical Chemistry*, 70(10), 2137-2145.
20. Serban, B., Kumar, A. S., Brezeanu, M., Cobianu, C., Buiu, O., Bostan, C., ... & Costea, S. (2011). CO₂ Sensing layers for SAW/BAW devices. *Romanian Journal of Information Science and Technology*, 14(3), 222-231.
21. Nieuwenhuizen, M. S., & Nederlof, A. J. (1990). A SAW gas sensor for carbon dioxide and water. Preliminary experiments. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 2(2), 97-101.
22. Sivaramakrishnan, S., Rajamani, R., Smith, C. S., McGee, K. A., Mann, K. R., & Yamashita, N. (2008). Carbon nanotube-coated surface acoustic wave sensor for carbon dioxide sensing. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 132(1), 296-304.
23. Nemade, K. R., & Waghuley, S. A. (2013). Carbon dioxide gas sensing application of graphene/Y₂O₃ quantum dots composite. In *International Journal of Modern Physics: Conference Series* (Vol. 22, pp. 380-384). World Scientific Publishing Company.
24. Yoon, H. J., Yang, J. H., Zhou, Z., Yang, S. S., & Cheng, M. M. C. (2011). Carbon dioxide gas sensor using a graphene sheet. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 157(1), 310-313.
25. Nemade, K. R., & Waghuley, S. A. (2014). Role of defects concentration on optical and carbon dioxide gas sensing properties of Sb₂O₃/graphene composites. *Optical Materials*, 36(3), 712-716.
26. Mermer, Ö., Okur, S., Sümer, F., Özbek, C., Sayın, S., & Yılmaz, M. (2012). Gas sensing properties of carbon nanotubes modified with calixarene molecules measured by QCM techniques, *Acta Phys. Polonica Series a* 121(1):240-242, DOI: 10.12693/APhysPolA.121.240
27. Nemade, K. R., & Waghuley, S. A. (2013). Chemiresistive gas sensing by few-layered graphene. *Journal of Electronic Materials*, 42(10), 2857-2866.
28. Hafiz, S. M., Ritikos, R., Whitcher, T. J., Razib, N. M., Bien, D. C. S., Chanlek, N., ... & Rahman, S. A. (2014). A practical carbon dioxide gas sensor using room-temperature hydrogen plasma reduced graphene oxide. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 193, 692-700.
29. Serban, B., Cobianu, C., Bostan, C., & Buiu, O. (2011). Carbon nanotubes and their nanocomposites for carbon dioxide sensing. *Annals of the Academy of Romanian Scientist, Series on Science and Technology of Information*, 4(1), 91-99

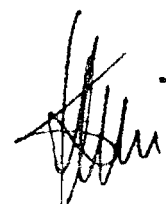


30. Serban, B., Kumar, A. S., Costea, S., Mihaila, M., Buiu, O., Brezeanu, M., ... & Cobianu, C. (2008, October). Surface acoustic wave CO₂ sensing with polymer-amino carbon nanotube composites. In *2008 International Semiconductor Conference* (Vol. 1, pp. 73-76). IEEE.
31. Serban, B. C., Brezeanu, M., Cobianu, C., Costea, S., Buiu, O., Stratulat, A., & Varachiu, N. (2014, October). Materials selection for gas sensing. An HSAB perspective. In *2014 International Semiconductor Conference (CAS)* (pp. 21-30). IEEE.
32. Vitillo, J. G., Savonnet, M., Ricchiardi, G., & Bordiga, S. (2011). Tailoring metal-organic frameworks for CO₂ capture: The amino effect. *Chem. Sus. Chem*, 4(9), 1281-1290.
33. Serban, B., Kumar, A. S., Cobianu, C., Buiu, O., Costea, S., Bostan, C., & Varachiu, N. (2010, October). Selection of gas sensing materials using the hard soft acid base theory; Application to surface acoustic wave CO₂ detection. In *CAS 2010 Proceedings (International Semiconductor Conference)* (Vol. 1, pp. 247-250). IEEE.
34. Lashaki, M. J., Khiavi, S., & Sayari, A. (2019). Stability of amine-functionalized CO₂ adsorbents: a multifaceted puzzle. *Chemical Society Reviews*, 48(12), 3320-3405.
35. Ruelle, B., Peeterbroeck, S., Godfroid, T., Bittencourt, C., Hecq, M., Snyders, R., & Dubois, P. (2012). Selective grafting of primary amines onto carbon nanotubes via free-radical treatment in microwave plasma post-discharge. *Polymers*, 4(1), 296-315.



Revendicări

1. Senzor cu unde acustice de suprafață (SAW) de monitorizare a concentrației de dioxid de carbon **caracterizat prin aceea că** este alcătuit dintr-un substrat piezoelectric, o pereche de traductori interdigitali și un strat senzitiv la dioxid de carbon constituit din nanohornuri carbonice funcționalizate cu grupări amino (CNH-NH₂) sau materiale nanocarbonice de tip ceapă funcționalizate cu grupări amino (CNOs-NH₂) sau un amestec echimasic al acestora.
2. Nanohornurile carbonice funcționalizate cu grupări amino (CNH-NH₂), utilizate în condițiile revendicării 1, **se caracterizează prin aceea că** se sintetizează prin tratamentul nanohornurilor carbonice în plasmă de Ar-N₂-H₂ și au un conținut procentual de azot ce variază între 10 și 15 %.
3. Materialele nanocarbonice de tip ceapă funcționalizate cu grupări amino (CNOs-NH₂), utilizate în condițiile revendicării 1, **se caracterizează prin aceea că** se sintetizează prin tratamentul materialelor nanocarbonice de tip ceapă în plasmă de Ar-N₂-H₂ și au un conținut procentual de azot ce variază între 10 și 15 %.
4. Substrat piezoelectric utilizat în condițiile revendicării 1 **se caracterizează prin aceea că** este realizat din cuarț.
5. Straturile sensitive de tipul nanohornurilor carbonice funcționalizate cu grupări amino **se caracterizează prin aceea că** se obțin prin metoda spin coating pe un substrat de cuarț.
6. Straturile sensitive de tipul materialelor nanocarbonice de tip ceapă funcționalizate cu grupări amino (CNOs-NH₂), **se caracterizează prin aceea că** se obțin prin metoda drop casting pe un substrat de cuarț.
7. Straturile sensitive de tipul amestec echimasic CNH-NH₂/CNOs-NH₂ **se caracterizează prin aceea că** se obțin prin metoda drop casting pe un substrat de cuarț.
8. Straturile sensitive descrise în condițiile revendicării 1 **se caracterizează prin aceea că** se utilizează în senzori de tip SAW pentru măsurarea și monitorizarea concentrației de dioxid de carbon .



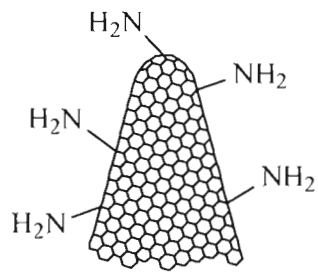


Fig. 1

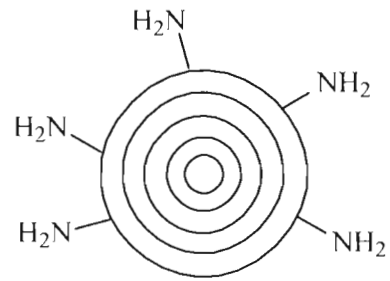


Fig. 2

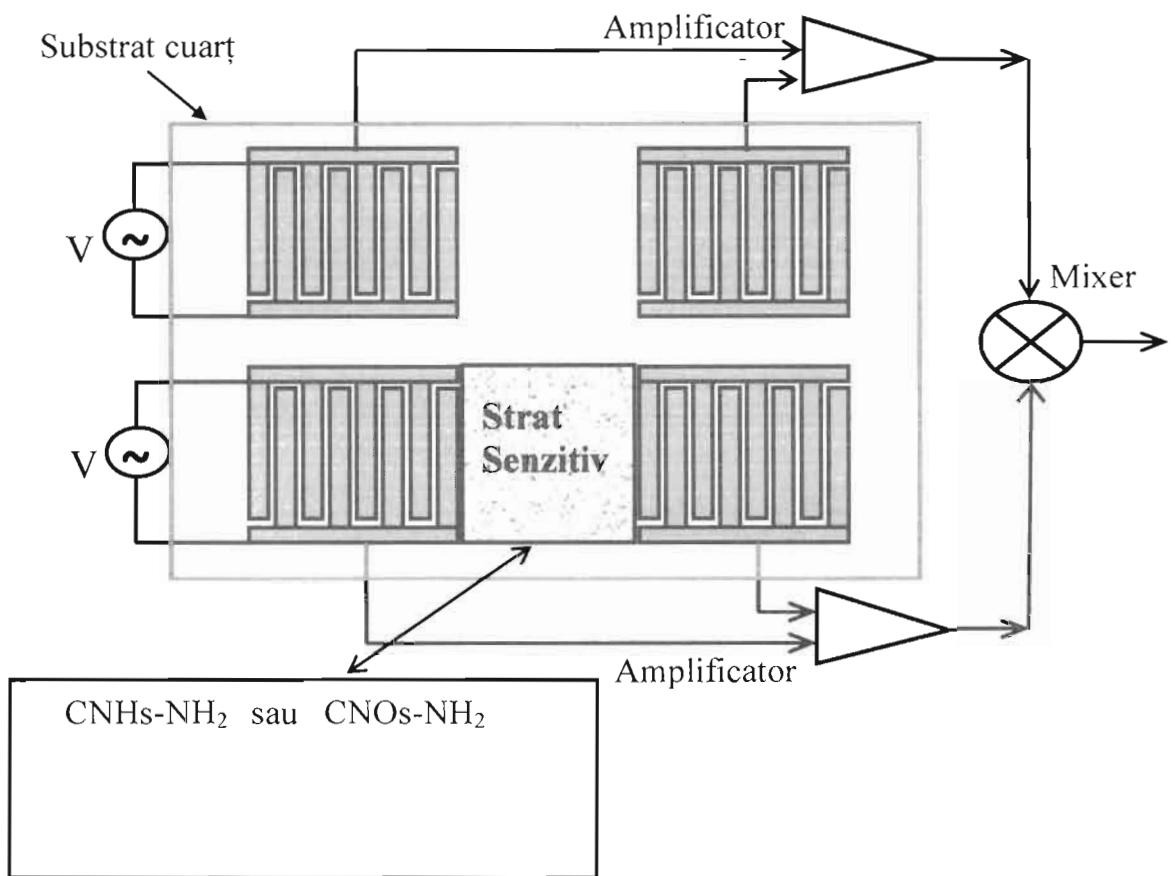


Fig. 3