



(12)

## CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2021 00771**

(22) Data de depozit: **09/12/2021**

(41) Data publicării cererii:  
**30/06/2023** BOPI nr. **6/2023**

(71) Solicitant:  
• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE  
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU  
TEXTILE ȘI PIELĂRIE - BUCUREȘTI,  
STR.LUCREȚIU PĂTRĂȘCANU NR.16,  
SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO**

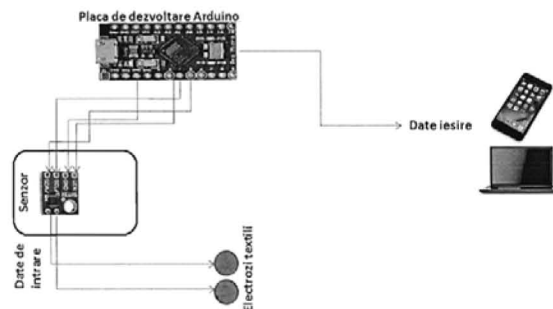
(72) Inventatori:  
• **AILENI RALUCA MARIA,  
PIAȚA VOIEVOZILOR NR.25, BL.A12, ET.4,  
AP.18, IAȘI, IS, RO;**  
• **CHIRIAC LAURA, ȘOS. PANTELIMON  
NR.291, BL.9, SC.A, ET.9, AP.35,  
SECTOR 2, BUCUREȘTI, B, RO;**  
• **TOMA DOINA, STR.LT. AUREL BOTEA  
NR.9, BI.B5, SC.1, AP.15, SECTOR 3,  
BUCUREȘTI, B, RO**

## (54) SISTEM INTELIGENT PE BAZĂ DE ELECTROZI ELECTROCONDUCTIVI

### (57) Rezumat:

Invenția se referă la un sistem inteligent, bazat pe senzori care utilizează electrozi electroconductivi, care permite eșantionarea unui semnal continuu (analogic) măsurat cu ajutorul senzorilor și transformarea lui într-un semnal digital, folosit în aplicații de monitorizare biomedicală și ambientală. Sistemul conform invenției cuprinde electrozi (A<sub>i</sub>) flexibili, rezistivi, realizați prin depunerea pe un suport (B) țesut a unor paste conductive pe bază de alcool polivinilic (PVA) sau florură de poliviniliden (PVDF) cu conținut de microparticule metalice de Ag, Cu, Ni sau grafit, conectați prin conectori conductivi la un ansamblu senzor-placă de dezvoltare cu microcontroler, precum și o sursă de alimentare cu energie electrică.

Revendicări: 2  
Figuri: 1



OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI
Cerere de brevet de invenție
Nr. <i>a 2021 00 771</i>
Data depozit <i>09-12-2021</i>

DESCRIERE

27

### Sistem inteligent pe bază de electrozi electroconductivi

Invenția se referă la un sistem inteligent bazat pe senzori și arhitectura hardware bazată pe electrozi flexibili rezistivi realizați din țesături cu acoperiri electroconductive (pelicule pe bază de PVA și microparticule de Ag, Cu, Ni sau grafit; respectiv membrane pe bază de PVDF cu conținut de microparticule (Ag, Cu, Ni)), cu paste conductive pe bază de matrice polimerică (alcool polivinilic (PVA) sau florură de poliviniliden (PVDF)), conectori conductivi, placă de dezvoltare Arduino Micro pe bază de microcontroler AVR, având aplicabilitate în domeniul medical, electronicii sau electrotehnicii pentru monitorizare biomedicală și ambientală.

Sistemul permite eșantionarea semnalului continuu (analogic) măsurat cu ajutorul electrozilor textili rezistivi și transformarea în semnal digital pentru a fi stocat în baze de date și utilizat de către utilizatorul final prin intermediul aplicațiilor software.

Electrozii textili (Ai) flexibili rezistivi sunt realizați din materialele conductive sau semiconductive obținute prin aplicarea unor paste conductive pe bază de matrice polimerică alcool polivinilic (PVA) sau florură de poliviniliden (PVDF), cu conținut de microparticule de argint (Ag), cupru (Cu), nichel (Ni) sau grafit pe țesătura B din bumbac 100% prin procedeul raclării, imprimării directe sau peliculizării.

Sistemul inteligent bazat pe senzori permite captarea semnalului analogic datorită proprietății materialelor conductive/semiconductive de a reacționa și a genera modificarea rezistenței electrice de suprafață la variația temperaturii sau umidității.

În literatura de specialitate se menționează utilizarea electrozilor pe bază de nanoparticule de Ag depuse pe materiale poroase (perovskite  $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{CoO}_{3-\delta}$  (LSC)) pentru baterii flexibile [1, 2] sau baterii litiu-ion [3, 4] sau dispozitive (pe bază de electrozi textili cu conținut de cupru sau oxid de grafen) de conversie a energiei solare și mecanice în energie electrică [5, 6, 7] pe materialele textile. De asemenea, în domeniul biomedical există studii care atestă utilizarea pentru monitorizare ECG a electrozilor conductivi pe bază de silicon [8], a electrozilor textili adezivi pe bază de argint [9], a electrozilor din argint realizați prin electrodepunere [10], a nanotuburilor de carbon (SWCNT) și argint (AgNW) integrate în poliuretan [11, 12]. Cercetările recente descriu în general utilizarea sistemelor pe bază de microcontrolere (Arduino Uno) în combinație cu electrozi flexibili clasici (pe suport din

material plastic) pentru monitorizarea temperaturii [13, 14] în cadrul incubatoarelor din maternitati utilizând electrozi pe bază de aur sau platina [15].

La nivel internațional există brevetele **US20210137402A1**, **US11065164B1**, **ESP8266 US20180317783A** și **US11097103B2** care descriu măsurarea biopotențialelor prin intermediul electrozilor textili pe bază de hidrogeluri [16], utilizarea senzorilor electrochimici în bandaje medicale textile [17], monitorizare ECG fetală (monitorizarea bătăilor inimii bebelușului) printr-un sistem integrat în îmbrăcăminte [18], utilizarea unei rețele de senzori integrați în materiale textile pentru monitorizare în timpul somnului [19] sau monitorizarea ECG și EMG [20, 21].

Suportul textil B se realizează, prin țesere pe mașini de țesut convenționale, și are în urzeală fire cu densitatea de lungime 50x2 tex din 100% fibre de bumbac și în bătătură fire cu densitatea de lungime 50x3 tex, din 100% fibre de bumbac.

Procedeul de realizare a materialelor conductive sau semiconductive pentru electrozii rezistivi (Ai), conform invenției, se compune din operațiile de pregătire a suportului țesut B constând în curățare alcalină și albire, operația de depunere a pastei polimerice pe bază de PVA sau PVDF și microparticule de Ag, Cu, Ni sau grafit, prin procedeul raclării, imprimării directe sau peliculizării pe țesătura B și operația de reticulare la temperatură de 105...165° C.

Operația de pregătire a țesăturii B prin procedeul de epuizare, se realizează la un raport de flotă de 1:5...1:10, constând în curățare alcalină cu o soluție care conține 8...10 g/L hidroxid de sodiu 50%, 2...4 g/L carbonat de sodiu, 1...2 g/L agent tensioactiv de udare – spălare neionic, la temperatura de 95...98° C, timp de 60...90 minute, clătiri succesive cu apă fierbinte și caldă, albire cu 10...20 mL/L apă oxigenată 30% p.a., 2...4 g/l hidroxid de sodiu 50%, 1...2 g/L agent tensioactiv de udare – spălare neionic, 0,5...1 g/l agent de stabilizare a apei oxigenate, la temperatura de 95...98° C, timp de 60 minute, clătiri succesive cu apă fierbinte și caldă, neutralizare cu 0,5...1 ml/l acid acetic 60%, uscare prin convecție sau prin activare termică controlată timp de 30...60 secunde în câmp de microunde generat de un generator de înaltă tensiune la frecvența de 2,4 GHz și puterea de 700W.

Operațiile de pregătire a suportului țesut B au ca scop stabilizarea dimensională, îndepărtarea însoțitorilor naturali și tehnologici ai fibrelor și țesăturii, îmbunătățirea hidrofiliei și capacității de absorbție a pastelor conductive, astfel încât suportul textil B să devină o suprafață de contact stabilă care să permită o bună aderență a pastei conductive depuse prin raclate, peliculizare sau imprimare directă, asigurând un nivel al rezistenței electrice de suprafață cuprins între  $10^1...10^5 \Omega$  (specific conductorilor) sau între  $10^6...10^7 \Omega$  (specific semiconductorilor) în cazul depunerii pe suprafața țesăturii B a pastelor conductive.

Realizarea sistemului inteligent bazat pe senzori cu electrozi textili rezistivi constă în:

- realizarea electrozilor flexibili textili (Ai) prin depunerea pastelor polimerice pe bază de PVA și PVDF cu conținut de microparticule de Ag, Cu, Ni sau grafit, pe suportul țesut A, prin procedeul peliculizării, imprimării directe sau raclării;
- conectarea electrozilor flexibili prin intermediul conectorilor conductivi la sistemul sensor-placă de dezvoltare;
- eșantionarea semnalului continuu și discretizarea pentru obținerea semnalului digital utilizând un convertor-analog-digital integrat.

#### **Invenția prezintă următoarele avantaje:**

- prin procedeul de raclare, imprimare directă sau peliculizare se obțin materiale conductive sau semiconductive care pot fi utilizate ca electrozi rezistivi în sisteme de monitorizate bazate pe senzori;
- datorită procedeelelor de curățare alcalină, albire și reticulării termice, pasta conductivă aderă în strat uniform la suprafața suportului țesut B și permite obținerea de materiale conductive având rezistența de suprafață cu valori cuprinse între  $10^1 \dots 10^5 \Omega$ , sau semiconductive având rezistența de suprafață cu valori cuprinse între  $10^6 \dots 10^7 \Omega$ .
- datorită conținutului de microparticule de argint, cupru, nichel sau grafit, materialul textil conductiv sau semiconductiv poate fi utilizat pentru electrozi rezistivi (Ai).
- datorită conectării electrozilor flexibili rezistivi la sistemul senzor/placă de bază se obține un sistem care poate asigura monitorizarea temperaturii sau umidității bazate pe variația rezistenței și conductivității electrozilor rezistivi la modificarea temperaturii sau umidității. Astfel electrozi rezistivi își vor micșora sau crește rezistența de suprafață la modificarea temperaturii sau umidității, generând semnale analogice diferite în funcție de valorile umidității sau temperaturii de contact sau ambientale.

Caracterul de noutate al invenției constă în aceea că, sistemul se bazează pe electrozi textili flexibili, integrați în sistemul hardware pentru captarea semnalului analogic, și realizați prin depunerea pe suportul țesut B a pastelor polimerice pe bază de PVA sau PVDF cu conținut de microparticule de Ag, Cu, Ni sau grafit.

De asemenea, caracterul de noutate constă și în utilizarea pentru arhitectura sistemul bazat pe senzori a electrozilor textili rezistivi (Ai) având acoperiri conductive sau semiconductive care permit variația rezistenței de suprafață în funcție de temperatura și umiditate.

### Bibliografie

1. Liu, P., Liu, J., Cheng, S., Cai, W., Yu, F., Zhang, Y., Wu, P. and Liu, M., 2017. A high-performance electrode for supercapacitors: silver nanoparticles grown on a porous perovskite-type material  $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{CoO}_{3-\delta}$  substrate. *Chemical Engineering Journal*, 328, pp.1-10.
2. Zhang, H., Qiao, Y. and Lu, Z., 2016. Fully printed ultraflexible supercapacitor supported by a single-textile substrate. *ACS applied materials & interfaces*, 8(47), pp.32317-32323.
3. Wei, L. and Hou, Z., 2017. High performance polymer binders inspired by chemical finishing of textiles for silicon anodes in lithium ion batteries. *Journal of Materials Chemistry A*, 5(42), pp.22156-22162.
4. Breitung, B., Aguiló-Aguayo, N., Bechtold, T., Hahn, H., Janek, J. and Brezesinski, T., 2017. Embroidered copper microwire current collector for improved cycling performance of silicon anodes in Lithium-ion batteries. *Scientific reports*, 7(1), pp.1-6.
5. Chen, J., Huang, Y., Zhang, N., Zou, H., Liu, R., Tao, C., Fan, X. and Wang, Z.L., 2016. Micro-cable structured textile for simultaneously harvesting solar and mechanical energy. *Nature Energy*, 1(10), pp.1-
6. Takamatsu, S., Lonjaret, T., Ismailova, E., Masuda, A., Itoh, T. and Malliaras, G.G., 2016. Wearable keyboard using conducting polymer electrodes on textiles. *Advanced Materials*, 28(22), pp.4485-4488.
7. Shan, C., Wu, K., Yen, H.J., Narvaez Villarrubia, C., Nakotte, T., Bo, X., Zhou, M., Wu, G. and Wang, H.L., 2018. Graphene oxides used as a new “dual role” binder for stabilizing silicon nanoparticles in lithium-ion battery. *ACS applied materials & interfaces*, 10(18), pp.15665-15672.
8. Zattaa, A.M., Gomesb, J., Ferric, C.A. and Novaes, T.P., Material Research to Develop a T-Shirt with Cardiac Monitoring.
9. An, X. and Stylios, G.K., 2018. A hybrid textile electrode for electrocardiogram (ECG) measurement and motion tracking. *Materials*, 11(10), p.1887.
10. Acar, G., Ozturk, O., Golparvar, A.J., Elboshra, T.A., Böhringer, K. and Yapici, M.K., 2019. Wearable and flexible textile electrodes for biopotential signal monitoring: A review. *Electronics*, 8(5), p.479.
11. Lee, E. and Cho, G., 2019. PU nanoweb-based textile electrode treated with single-walled carbon nanotube/silver nanowire and its application to ECG monitoring. *Smart Materials and Structures*, 28(4), p.045004.
12. Pani, D., Achilli, A. and Bonfiglio, A., 2018. Survey on textile electrode technologies for electrocardiographic (ECG) monitoring, from metal wires to polymers. *Advanced Materials Technologies*, 3(10), p.1800008.
13. Haggi, M., Thurow, K. and Stoll, R., 2017. Wearable devices in medical internet of things: scientific research and commercially available devices. *Healthcare informatics research*, 23(1), pp.4-15.
14. Malek, A.S., Elnahrawy, A., Anwar, H. and Naeem, M., 2021. From fabric to smart T-shirt: fine tuning an improved robust system to detect arrhythmia. *Textile Research Journal*, p.00405175211060887.
15. Shalannanda, W., Zakia, I., Sutanto, E. and Fahmi, F., 2020, September. Design of Hardware Module of IoT-based Infant Incubator Monitoring System. In 2020 6th International Conference on Wireless and Telematics (ICWT) (pp. 1-6). IEEE.

16. Homayounfar, S.Z., Kiaghadi, A., Rostaminia, S., Ganesan, D. and Andrew, T.L., University of Massachusetts UMass, 2021. Wearable textile-based hydrogel electrode for measuring biopotential. U.S. Patent Application 17/091,675.
17. Vital, D., Bhardwaj, S., Volakis, J.L., Bhushan, P. and Bhansali, S., The Florida International University Board Of Trustees, 2021. Smart bandage for electrochemical monitoring and sensing using fabric-integrated data modulation. U.S. Patent 11,065,164.
18. Petrikovsky, B. and Villar, J.M., 2018. Fetal heart monitor vestment. U.S. Patent Application 15/784,123.
19. Sarrafzadeh, M., Xu, W., Huang, M.C., Raut, N. and Yadegar, B., Medisens Wireless Inc, 2016. Fabric-based pressure sensor arrays and methods for data analysis. U.S. Patent 9,271,665.
20. Dole, M.V. and Yerigeri, V.V., 2020. ESP8266 BASED HEALTH MONITORING SYSTEM USING ARDUINO.
21. Straka, A., Yang, J., Jain, P., Klibanov, M., Zheng, M., Stefan, G., Nealis, M. and Alizadeh-Meghrazi, M., Myant Inc, 2021. Sensor band for multimodal sensing of biometric data. U.S. Patent 11,097,103.

## REVENDICĂRI

1. Electrozii flexibili rezistivi se **caracterizează prin aceea că** sunt realizați prin depunerea pe suportul țesut a unor paste conductive pe bază de PVA sau PVDF cu conținut de microparticule de Ag, Cu, Ni sau grafit prin procedeul raclării, peliculizării sau imprimării directe.
2. Sistemul bazat pe electrozi electroconductivi se **caracterizează prin aceea că** are o arhitectură hardware bazată pe electrozi textili rezistivi obținuți **conform revendicării 1**, conectori conductivi, senzor/placă de dezvoltare pe bază de microcontroler din clasa AVR, permițând eșantionarea semnalului continuu și conversia semnalului analogic, captat prin intermediul electrozilor rezistivi, în semnal digital pentru a putea fi utilizat ulterior în alte aplicații software.

## FIGURI

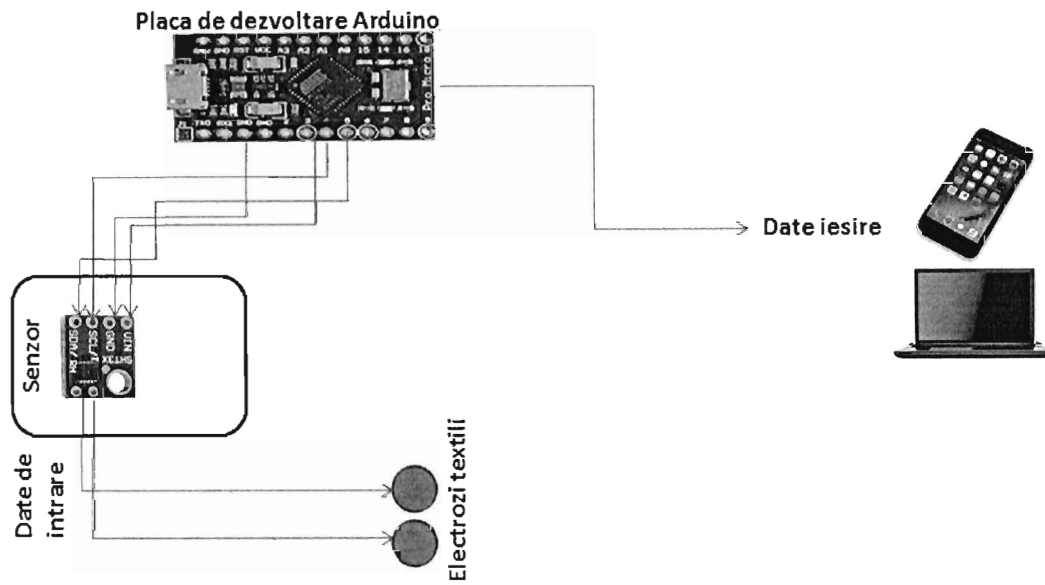


Figura 1. Sistemul bazat pe senzor și electrozi textili rezistivi