



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2022 00299

(22) Data de depozit: 02/06/2022

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

(71) Solicitant:
• INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU
ELECTROCHIMIE ȘI MATERIE
CONDENSATĂ - INCEMC TIMIȘOARA,
STR.DR.AUREL PĂUNESCU PODEANU
NR.144, TIMIȘOARA, TM, RO

(72) Inventatori:
• NICOLAESCU MIRCEA-DANIEL,
SAT BUDENI, NR.2, COMUNA SCUARTA,
GJ, RO;
• LAZAU CARMEN, STR. AEROPORT,
NR. 1, BL.9, SC.A, ET.4, AP.13, TIMIȘOARA,
TM, RO;

• VAJDA MELINDA, STR.PRINCIPALĂ,
BL.5, ET.3, AP.15, SAT COLONIA-FABRICII,
COMUNA TOMEȘTI, TM, RO;
• BANDAS CORNELIA ELENA,
BD.CONSTANTIN BRÂNCOVEANU,
NR.52A, AP.13, TIMIȘOARA, TM, RO;
• ORHA CORINA ILEANA,
BD. CONSTANTIN BRÂNCOVEANU,
BL.52A, SC.A, ET.4, AP.13, TIMIȘOARA,
TM, RO

*Această publicație include și modificările descrierii,
revendicărilor și desenelor depuse conform art.35
alin.(20) din HG nr. 547/2008*

(54) ELECTROD FLEXIBIL PENTRU SUPERCAPACITORI
PE BAZĂ DE ALIAJ AMORF DE FIER DECORAT CU Fe_2O_3

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un electrod flexibil nanoporos pe bază de aliaj amorf de fier decorat cu particule de Fe_2O_3 nanocristaline, utilizat la realizarea supercapacitorilor electrochimici de stocare a energiei. Electrocul flexibil conform invenției are loc într-o singură etapă prin imersarea benzilor din aliajul FeBSi cu structură amorfă în soluție alcalină de NaOH, iar testarea caracteristicilor supercapacitoare ale acestor materiale s-a realizat prin intermediul voltametriei ciclice (CV) în sistem standardi-

zat cu 3 electrozi, respectiv electrod de lucru, electrod de referință și contraelectrod, la scanare între $5...100\text{ mVs}^{-1}$, dovedind absența picurilor de oxidare și reducere, demonstrându-se astfel că materialul poate fi utilizat în supercapacitori flexibili.

Revendicări inițiale: 1
Revendicări amendate: 1
Figuri: 4



OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI	
Cerere de brevet de invenție	
Nr.	0 2022 00299
Data depozit	02 -06- 2022

ELECTROD FLEXIBIL PENTRU SUPERCAPACITORI PE BAZĂ DE ALIAJ AMORF DE FIER DECORAT CU PARTICULE DE Fe_2O_3

Prezenta invenție se referă la dezvoltarea unor electrozi flexibili nanoporoși de fier decorați cu Fe_2O_3 nanocristalin, într-o singură etapă, prin dealierea benzilor amorfe în soluție alcalină, cu funcționalitate de supercapacitor.

În ultimul deceniu, datorită creșterii cererii de energie, supercapacitorii electrochimici au devenit treptat unele dintre cele mai promițătoare dispozitive de stocare a energiei. Aceștia prezintă multiple avantaje: costuri de obținere reduse, durată de viață lungă, densități mari de putere și capacitate de curent. În general, performanța supercapacitorilor depinde de materialele utilizate pentru obținerea electrozilor, astfel, au fost proiectate noi materiale pentru electrozi în scopul creșterii performanțelor acestora [E. E. Miller, et al. *Journal of Energy Storage* 2018 (20) 30-40]. Nanostructurile pe bază de oxid metalic de tranziție și/sau hidroxid [F. Shi, et al. *RSC Adv.* 2014 (4) 41910-41921], cum ar fi Fe_2O_3 , Fe_3O_4 , Co_3O_4 , NiO, CuO și FeOOH sunt materiale promițătoare pentru electrozii utilizați în obținerea de supercapacitori datorită capacității lor specifice ridicate [K. A. Owusu, et al. *Nat Commun* 2017 (8) 14264]. Fe_2O_3 este un candidat foarte promițător ca material pentru electrozi utilizați în fabricarea de supercapacitori și baterii [J. Zhu, *Wayne State University Dissertations* 2016 (1673)] din cauza capacității specifice teoretice ridicate, a netoxicității și a costului scăzut de producere [T. Li, et al. *The Journal of Physical Chemistry C* 2017 (121) 18982-18991]. În ultima perioadă, au fost utilizate diferite metode pentru sintetiza nanostructurilor de Fe_2O_3 , cum ar fi sol-gel, hidrotermal, solvotermal, electrodepunere și depunere de vapori [V. D. Nithya, et al. *Journal of Power Sources* 2016 (327) 297-318], însă acestea prezintă dezavantajul utilizării mai multor etape în scopul obținerii produsului final.

Ca și alți oxizi ai metalelor de tranziție, Fe_2O_3 prezintă conductivitate scăzută, iar aglomerarea de particule îngustează performanța supercapacitorilor. S-a demonstrat faptul că, creșterea oxizilor metalici pe substrat conductiv cu formarea unei structuri de tipul miez/înveliș, format din metal/oxid metalic, este o metodă eficientă pentru rezolvarea problemei de conductibilitate, prin creșterea eficienței transferului de sarcină [R. Liang, et al. *Nanomaterials (Basel)* 2021 (11)]. Procesul de dealiere, pe lângă formarea structurilor nanoporoase [I. McCue, et al. *Annual Review of Materials Research* 2016 (46) 263-286] permite creșterea oxidului

metalic, uniform pe miezul metalic poros [C. Qin, et al. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics* 2016 (27) 9206-9215], cu o interfață mai bună între metal și oxid, îmbunătățind și distribuția uniformă a materialelor active, evitând astfel aglomerarea particulelor. Aliajele amorfe au fost utilizate pentru fabricarea de nano și microstructuri uniforme datorită faptului că la o structură dezordonată la scară atomică, se obțin structuri fără: defecte, granițe granulare, faze secundare și segregării, cât și structuri eterogene. Aceste proprietăți combinate cu super elasticitatea generată de acestea, le fac candidatul ideal pentru obținerea electrozilor pentru supercapacitori.

Pentru obținerea de electrozi flexibili în procesul de dealiere chimică se utilizează diferite aliaje, de exemplu: aliaj pe bază de cupru pe care a crescut CuO cristalin [X. Du, et al. *Materials Letters* 2018 (233) 170-173; C. Qin, et al. *Applied Materials Today* 2020 (19)], sau Cu₂O [Y. Li, et al. *Nanomaterials (Basel)* 2019 (9)]; pentru creșterea de NiO cristalin s-a utilizat aliaj pe bază de nichel [M.-G. Jeong, et al. *Korean Journal of Chemical Engineering* 2012 (29) 1802-1805]; pentru creșterea de CeO₂ și Ce₃O₄ [H. Wang, et al. *Ionics* 2018 (24) 2063-2072; R. Wang, et al. *Materials Letters* 2016 (184) 181-184] s-a utilizat aliaj pe bază de Ce. Oxidul de fier, având o capacitate teoretică mare, s-a obținut prin procesul de dealiere [Y. Chen, et al. *Nanomaterials (Basel)* 2020 (10)] prin utilizarea de materiale atât sub formă de pudră prin măcinarea benzilor dealiate, cât și sub formă de strat tridimensional crescut pe bandă, în fază pură sau mix de oxizi [H. Liu, et al. *Journal of Alloys and Compounds* 2017 (729) 360-369]. Controlul morfologiilor și microstructurilor de Fe₂O₃ este foarte util pentru îmbunătățirea performanței electrochimice.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în utilizarea procesului de dealiere în soluție alcalină, cu scopul creșterii de oxizi nanoporoși de Fe₂O₃, în vederea integrării acestora ca electrozi flexibili în realizarea de supercapacitori.

Invenția se referă la dezvoltarea de electrozi flexibili decorați cu nanoparticule de oxid de fier pentru utilizarea ca supercapacitori.

Invenția prezintă următoarele avantaje:

- metoda de obținere a electrodului într-o singură etapă este ieftină și simplă;
- flexibilitatea electrodului obținut;
- suprafața mare de contact obținută prin procesul de dealiere;
- datorită structurilor de tip miez/înveliș formată din metal/oxid se produce creșterea conductibilității prin creșterea transferului de sarcină și se evită aglomerarea de particule.

Se prezintă în continuare exemple de realizare a invenției:

Pentru obținerea de electrozi flexibilidecorați cu structuri de Fe_2O_3 au fost utilizate benzi amorfe pe bază de fier și soluție apoasă alcalina de NaOH.

I. Obținerea electrozilor flexibili într-o singura etapa

Pentru obținerea structurilor de Fe_2O_3 cu diverse morfologii și structuri cristaline în urma experimentelor s-a constatat că trebuie îndeplinite următoarele condiții de lucru:

- Benzile amorfe din aliajul FeBSi trebuie ultrasonate timp de 15 minute în alcool etilic absolut și 15 minute în apă distilată.
- Benzile trebuie tăiate la dimensiunile de 15x20mm.
- Recipientele în care se dealiază și corodează benzile trebuie să aibă un volum de 10 mL soluție.
- Masa molară de NaOH este în domeniul 0.1 și 0.5 M.
- Temperatura de menținere este între 20 și 25°C înfuncție de structura dorită.
- Timpul de menținere este ridicat, între 4 și 7 zile.

1.1.Obținerea structurilor nanocristaline Romboidale de Fe_2O_3

Structurile romboidale de Fe_2O_3 au fost obținute prin imersarea în soluție de NaOH cu concentrația cuprinsă între 0.1 și 0.3 M la temperatura de 22°C, la un timp de menținere între 4 și 7 zile. Variind acești parametri s-au sintetizat structuri romboidale cu diverse morfologii: sfere goale, denumite „hollowspheres” (Anexa 1, figura 1a) și nanofire orizontale (Anexa 1, figura 1b) cu dimensiuni variate.

1.2.Obținerea structurilor nanocristaline Hexagonale de Fe_2O_3

Structurile hexagonale de Fe_2O_3 au fost obținute prin imersarea în soluție de NaOH cu concentrația cuprinsă între 0.4 și 0.5 M la temperatura de 25°C și la un timp de menținere între 4 și 7 zile. Variind acești parametri s-au sintetizat structuri hexagonale cu diverse morfologii: octorombic (Anexa 1, figura 2a) și nanoroduri (Anexa 1, figura 2b) cu dimensiuni variate în funcție de parametrii aleși.

II. Experimente de testare a electrozilor flexibili pentru supercapacitori

În **figura 3a** sunt prezentate imaginile macroscopice ale benzilor dealiate romboidale la diferite programe experimentale, putând-se observa schimbarea culori acestora în funcție de parametri de proces. În **figura 3b** se poate observa caracterul flexibil a benzilor decorate cu oxid de fier prin îndoirea acestora la 180° . În **figura 3c** sunt prezentate imaginile macroscopice ale benzilor dealiate hexagonale la diferite programe experimentale, observând-se schimbarea culori oxidului odată cu schimbarea structurii acestora. În **figura 3d** se poate observa caracterul flexibil a benzilor decorate cu oxid de fier prin îndoirea acestora la 180° .

Performanțele electrochimice ale electrozilor au fost măsurate folosind sistemul standard alcătuit din trei electrozi: electrodul flexibil, electrodul de Ag/AgCl (sat. KCl) și fir de Pt au servit ca electrod de lucru, electrod de referință și contraelectrod, în soluție de KOH, de concentrație 1M. Dimensiunea electrozilor flexibili este de 1.5×2 mm. Curbele voltametriei ciclice (CV) au fost înregistrate la scanare între 5 mVs^{-1} și 100 mVs^{-1} .

Voltamogramele ciclice pentru electrozi flexibili decorați cu particule de Fe_2O_3 pentru probele dealiate timp de 6 zile în diferite concentrații ale soluției de dealiat și diferite temperaturi de menținere atât cu structură romboidală (**figura 4a**) cât și cu structură hexagonală (**figura 4b**, **figura 4c**) sunt prezentate în **figura 4**. Se poate observa că suprafața integrală a curbelor CV cresc odată cu rata de scanare. Cauza principală a acestui fenomen este creșterea curentului odată cu creșterea ratei de scanare. De asemenea pe măsură ce viteza de scanare crește, gradientul curbei CV se extinde. Se poate observa o variație atât a formei cât și a ariei ocupate de voltamograme în funcție de parametrii de obținere al oxidului și structurii acestuia. Voltamogramele nu prezintă picuri de oxidare sau reducere de tip redox, fapt specific materialelor supercapacitoare. Deoarece potențialul de funcționare al benzilor decorate cu oxid de fier este între -1 și 0, demonstrează posibilitatea utilizării acestora ca și contraelectrod în module de stocare de energie cu eliberare rapidă de tip supercapacitor asimetric.

TITLU

ELECTROD FLEXIBIL PENTRU SUPERCAPACITORI PE BAZĂ DE ALIAJ AMORF DE FIER DECORAT CU PARTICULE DE Fe_2O_3

REVENDICĂRI

Creșterea oxidului de fier nanostructurat într-o singura etapa cu morfologii diferite variind parametrii de proces, prin aceea ca electrozii obținuți sunt flexibili și au proprietăți de supercapacitori.

ANEXA 1

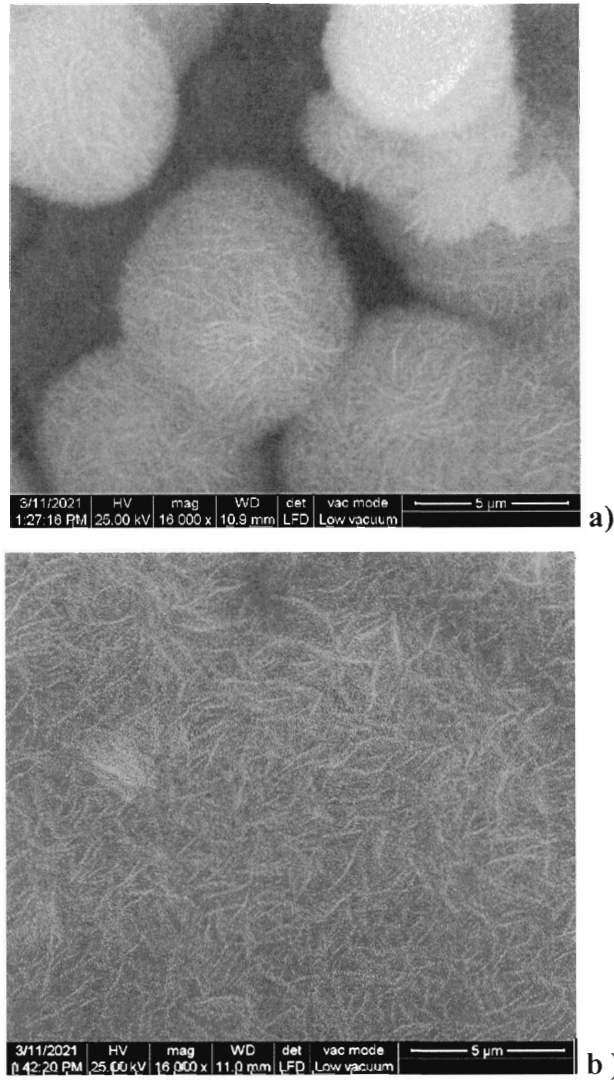


Figura 1. Imagini SEM ale structurilor rombohidrale; a) sfere goale „hollowspheres”;
b) nanofire

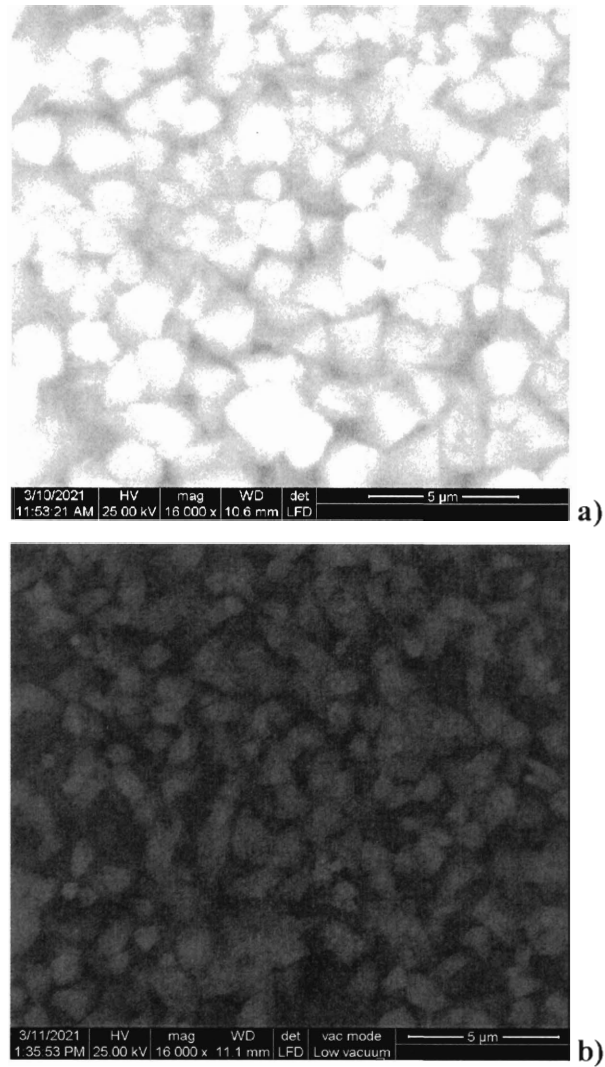


Figura 2. Imagini SEM ale structurilor hexagonale: a) octoromb; b) „nanorods”

ANEXA 1

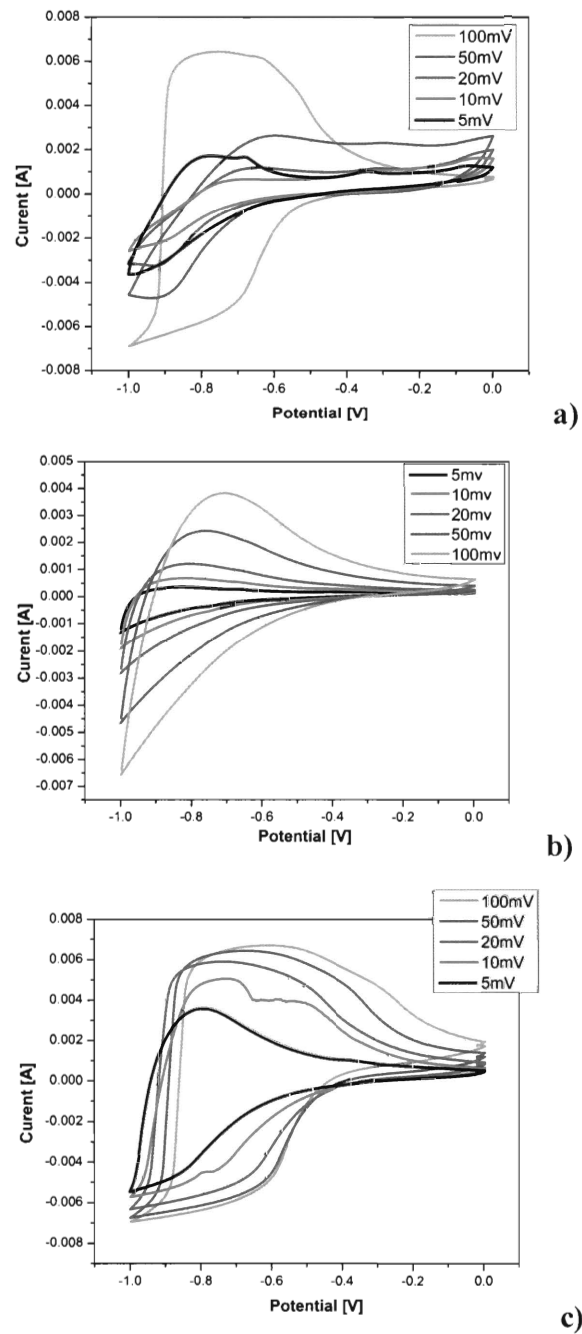


Figura 4. Voltametrie ciclică probe dealiate timp de 6 zile în soluție de NaOH a) 0.3 NaOH cu temperatura de menținere de 22°C, b) 0.4 NaOH cu temperatura de menținere 25°C, c) 0.5 NaOH cu temperatura de menținere de 25°C

ANEXA 1

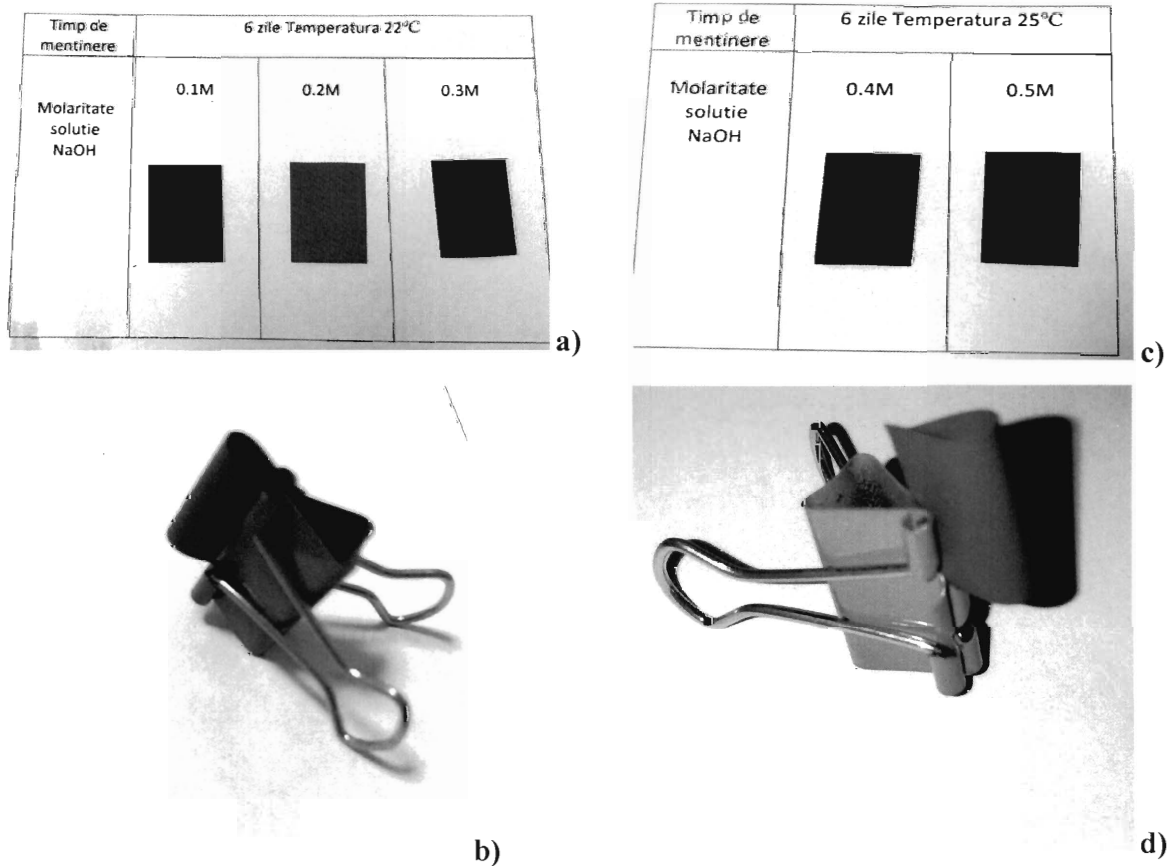


Figura 3. Imagini macroscopice ale benzilor amorfe decorate cu oxizi de fier: a) Romboidal; b) bandă oxid romboidal îndoită la 180°; c) Hexagonal; d) bandă oxid hexagonal îndoită la 180°.

**ELECTROD FLEXIBIL PENTRU SUPERCAPACITORI PE BAZĂ DE ALIAJ AMORF
DE FIER DECORAT CU PARTICULE DE Fe₂O₃**

Prezenta invenție se referă la dezvoltarea unor electrozi flexibili nanoporoși de fier decorați cu Fe₂O₃ nanocristalin, într-o singură etapă, prin dealierea benzilor amorfe în soluție alcalină, cu funcționalitate de supercapacitor.

În ultimul deceniu, datorită creșterii cererii de energie, supercapacitorii electrochimici au devenit treptat unele dintre cele mai promițătoare dispozitive de stocare a energiei. Aceștia prezintă multiple avantaje: costuri de obținere reduse, durată de viață lungă, densități mari de putere și capacitate de curent. În general, performanța supercapacitorilor depinde de materialele utilizate pentru obținerea electrozilor, astfel, au fost proiectate noi materiale pentru electrozi în scopul creșterii performanțelor acestora [E. E. Miller, et al. *Journal of Energy Storage* 2018 (20) 30-40]. Nanostructurile pe bază de oxid metalic de tranziție și/sau hidroxid [F. Shi, et al. *RSC Adv.* 2014 (4) 41910-41921], cum ar fi Fe₂O₃, Fe₃O₄, Co₃O₄, NiO, CuO și FeOOH sunt materiale promițătoare pentru electrozii utilizați în obținerea de supercapacitori datorită capacității lor specifice ridicate [K. A. Owusu, et al. *Nat Commun* 2017 (8) 14264]. Fe₂O₃ este un candidat foarte promițător ca material pentru electrozi utilizați în fabricarea de supercapacitori și baterii [J. Zhu, *Wayne State University Dissertations* 2016 (1673)] din cauza capacității specifice teoretice ridicate, a netoxicității și a costului scăzut de producere [T. Li, et al. *The Journal of Physical Chemistry C* 2017 (121) 18982-18991]. În ultima perioadă, au fost utilizate diferite metode pentru sintetiza nanostructurilor de Fe₂O₃, cum ar fi sol-gel, hidrotermal, solvotermal, electrodepunere și depunere de vapori [V. D. Nithya, et al. *Journal of Power Sources* 2016 (327) 297-318], însă acestea prezintă dezavantajul utilizării mai multor etape în scopul obținerii produsului final.

Ca și alți oxizi ai metalelor de tranziție, Fe₂O₃ prezintă conductivitate scăzută, iar aglomerarea de particule îngustează performanța supercapacitorilor. S-a demonstrat faptul că, creșterea oxizilor metalici pe substrat conductiv cu formarea unei structuri de tipul miez/înveliș, format din metal/oxid metalic, este o metodă eficientă pentru rezolvarea problemei de conductibilitate, prin creșterea eficienței transferului de sarcină [R. Liang, et al. *Nanomaterials (Basel)* 2021 (11)]. Procesul de dealiere, pe lângă formarea structurilor nanoporoase [I. McCue, et al. *Annual Review of Materials Research* 2016 (46) 263-286] permite creșterea oxidului

metalic, uniform pe miezul metalic poros [C. Qin, et al. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics* 2016 (27) 9206-9215], cu o interfață mai bună între metal și oxid, îmbunătățind și distribuția uniformă a materialelor active, evitând astfel aglomerarea particulelor. Aliajele amorfe au fost utilizate pentru fabricarea de nano și microstructuri uniforme datorită faptului că la o structură dezordonată la scară atomică, se obțin structuri fără: defecte, granițe granulare, faze secundare și segregatii, cât și structuri eterogene. Aceste proprietăți combinate cu super elasticitatea generată de acestea, le fac candidatul ideal pentru obținerea electrozilor pentru supercapacitori.

Pentru obținerea de electrozi flexibili în procesul de dealiere chimică se utilizează diferite aliaje, de exemplu: aliaj pe bază de cupru pe care a crescut CuO cristalin [X. Du, et al. *Materials Letters* 2018 (233) 170-173; C. Qin, et al. *Applied Materials Today* 2020 (19)], sau Cu₂O [Y. Li, et al. *Nanomaterials (Basel)* 2019 (9)]; pentru creșterea de NiO cristalin s-a utilizat aliaj pe bază de nichel [M.-G. Jeong, et al. *Korean Journal of Chemical Engineering* 2012 (29) 1802-1805]; pentru creșterea de CeO₂ și Ce₃O₄ [H. Wang, et al. *Ionics* 2018 (24) 2063-2072; R. Wang, et al. *Materials Letters* 2016 (184) 181-184] s-a utilizat aliaj pe bază de Ce. Oxidul de fier, având o capacitate teoretică mare, s-a obținut prin procesul de dealiere [Y. Chen, et al. *Nanomaterials (Basel)* 2020 (10)] prin utilizarea de materiale atât sub formă de pudră prin măcinarea benzilor dealiate, cât și sub formă de strat tridimensional crescut pe bandă, în fază pură sau mix de oxizi [H. Liu, et al. *Journal of Alloys and Compounds* 2017 (729) 360-369]. Controlul morfologiilor și microstructurilor de Fe₂O₃ este foarte util pentru îmbunătățirea performanței electrochimice.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în utilizarea procesului de dealiere în soluție alcalină, cu scopul creșterii de oxizi nanoporoși de Fe₂O₃, în vederea integrării acestora ca electrozi flexibili în realizarea de supercapacitori.

Invenția se referă la dezvoltarea de electrozi flexibili decorați cu nanoparticule de oxid de fier pentru utilizarea ca supercapacitori.

Invenția prezintă următoarele avantaje:

- metoda de obținere a electrodului într-o singură etapă este ieftină și simplă;
- flexibilitatea electrodului obținut;
- suprafața mare de contact obținută prin procesul de dealiere;
- datorită structurilor de tip miez/înveliș formată din metal/oxid se produce creșterea conductibilității prin creșterea transferului de sarcină și se evită aglomerarea de particule.

Se prezintă în continuare exemple de realizare a invenției:

Pentru obținerea de electrozi flexibili decorați cu structuri de Fe_2O_3 au fost utilizate benzi amorfe pe bază de fier și soluție apoasă alcalină de NaOH.

I. Obținerea electrozilor flexibili într-o singură etapă

Pentru obținerea structurilor de Fe_2O_3 cu diverse morfologii și structuri cristaline în urma experimentelor s-a constatat că trebuie îndeplinite următoarele condiții de lucru:

- Benzile amorfe din aliajul FeBSi trebuie ultrasonate timp de 15 minute în alcool etilic absolut și 15 minute în apă distilată.
- Benzile trebuie tăiate la dimensiunile de 15x20mm.
- Recipientele în care se dealiază și corodează benzile trebuie să aibă un volum de 10 mL soluție.
- Masa molară de NaOH este în domeniul 0.1 și 0.5 M.
- Temperatura de menținere este între 20 și 25°C în funcție de structura dorită.
- Timpul de menținere este ridicat, între 4 și 7 zile.

1.1. Obținerea structurilor nanocristaline Romboidale de Fe_2O_3

Structurile romboidale de Fe_2O_3 au fost obținute prin imersarea în soluție de NaOH cu concentrația cuprinsă între 0.1 și 0.3 M la temperatura de 22°C, la un timp de menținere între 4 și 7 zile. Variind acești parametri s-au sintetizat structuri romboidale cu diverse morfologii: sfere goale, denumite „hollowspheres” (**Anexa 1, figura 1a**) și nanofire orizontale (**Anexa 1, figura 1b**) cu dimensiuni variate.

1.2. Obținerea structurilor nanocristaline Hexagonale de Fe_2O_3

Structurile hexagonale de Fe_2O_3 au fost obținute prin imersarea în soluție de NaOH cu concentrația cuprinsă între 0.4 și 0.5 M la temperatura de 25°C și la un timp de menținere între 4 și 7 zile. Variind acești parametri s-au sintetizat structuri hexagonale cu diverse morfologii: octorombic (**Anexa 1, figura 2a**) și nanoroduri (**Anexa 1, figura 2b**) cu dimensiuni variate în funcție de parametrii aleși.

II. Experimente de testare a electrozilor flexibili pentru supercapacitori

În **figura 3a** sunt prezentate imaginile macroscopice ale benzilor dealiate romboidale la diferite programe experimentale, putând-se observa schimbarea culori acestora în funcție de parametri de proces. În **figura 3b** se poate observa caracterul flexibil a benzilor decorate cu oxid de fier prin îndoirea acestora la 180° . În **figura 3c** sunt prezentate imaginile macroscopice ale benzilor dealiate hexagonale la diferite programe experimentale, observând-se schimbarea culori oxidului odată cu schimbarea structuri acestora. În **figura 3d** se poate observa caracterul flexibil a benzilor decorate cu oxid de fier prin îndoirea acestora la 180° .

Performanțele electrochimice ale electrozilor au fost măsurate folosind sistemul standard alcătuit din trei electrozi: electrodul flexibil, electrodul de Ag/AgCl (sat. KCl) și fir de Pt au servit ca electrod de lucru, electrod de referință și contraelectrod, în soluție de KOH, de concentrație 1M. Dimensiunea electrozilor flexibili este de 1.5×2 mm. Curbele voltametriei ciclice (CV) au fost înregistrate la scanare între 5 mVs^{-1} și 100 mVs^{-1} .

Voltamogramele ciclice pentru electrozi flexibili decorați cu particule de Fe_2O_3 pentru probele dealiate timp de 6 zile în diferite concentrații ale soluției de dealiat și diferite temperaturi de menținere atât cu structură romboidală (**figura 4a**) cât și cu structură hexagonală (**figura 4b**, **figura 4c**) sunt prezentate în **figura 4**. Se poate observa că suprafața integrală a curbelor CV cresc odată cu rata de scanare. Cauza principală a acestui fenomen este creșterea curentului odată cu creșterea ratei de scanare. De asemenea pe măsură ce viteza de scanare crește, gradientul curbei CV se extinde. Se poate observa o variație atât a formei cât și a ariei ocupate de voltamograme în funcție de parametri de obținere al oxidului și structurii acestuia. Voltamogramele nu prezintă picuri de oxidare sau reducere de tip redox, fapt specific materialelor supercapacitoare. Deoarece potențialul de funcționare al benzilor decorate cu oxid de fier este între -1 și 0, demonstrează posibilitatea utilizării acestora ca și contraelectrod în module de stocare de energie cu eliberare rapidă de tip supercapacitor asimetric.

TITLU

ELECTROD FLEXIBIL PENTRU SUPERCAPACITORI PE BAZĂ DE ALIAJ AMORF DE FIER DECORAT CU PARTICULE DE Fe_2O_3

REVENDICĂRI

Electrod flexibil pentru supercapacitori pe bază de aliaj amorf de fier decorat cu particule de Fe_2O_3 , **caracterizat prin aceea ca**, este constituit dintr-un substrat metalic amorf pe baza de fier si structuri hexagonale sau romboidale oxidice de fier.

ANEXA 1

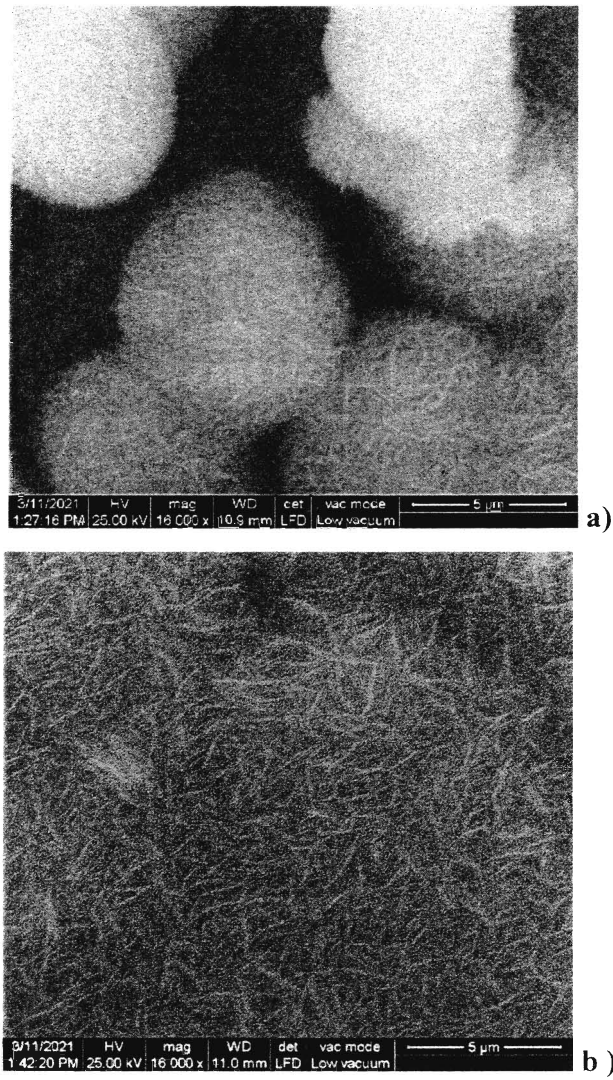


Figura 1. Imagini SEM ale structurilor rombohidrale; a) sfere goale „hollowspheres”;
b) nanofibre

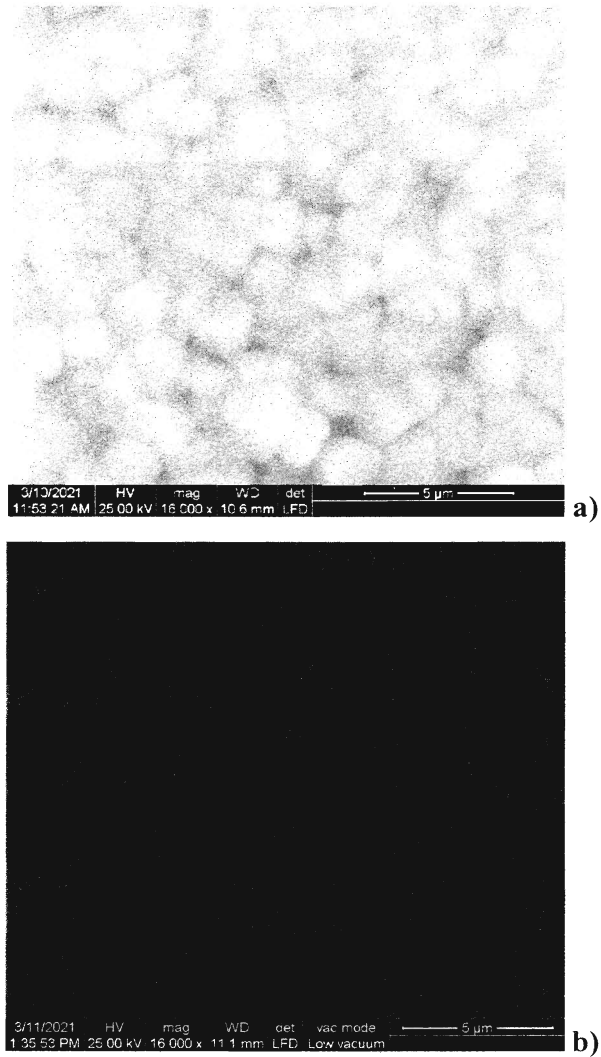


Figura 2. Imagini SEM ale structurilor hexagonale: a) octoromb; b) „nanorods”

ANEXA 1

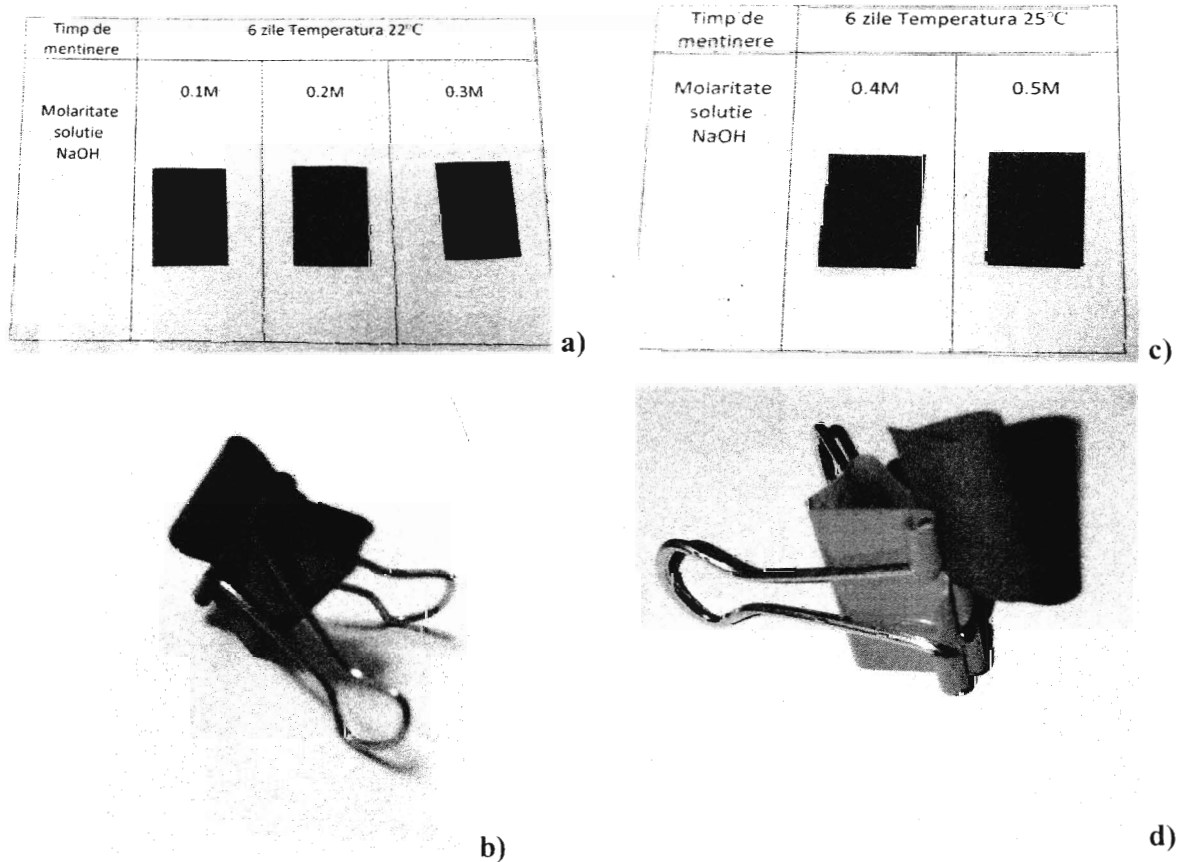


Figura 3. Imagini macroscopice ale benzilor amorfe decorate cu oxizi de fier: a) Romboidal; b) bandă oxid romboidal îndoită la 180°; c) Hexagonal; d) bandă oxid hexagonal îndoită la 180°.

ANEXA 1

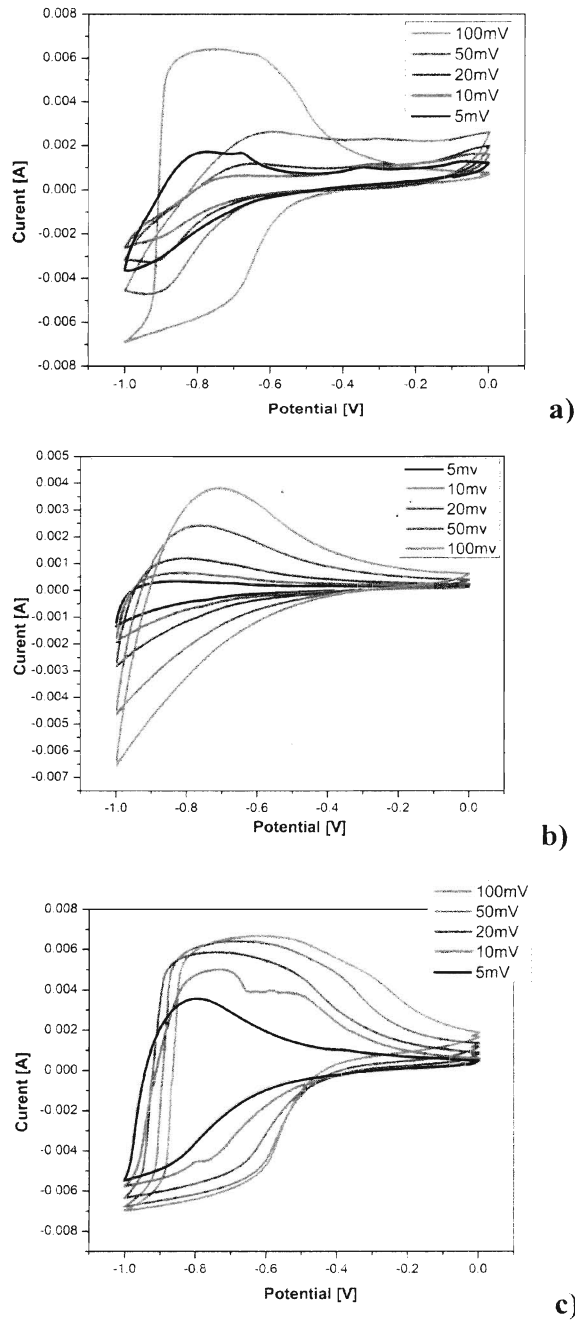


Figura 4. Voltametrie ciclică probe dealiate timp de 6 zile în soluție de NaOH a) 0.3 NaOH cu temperatura de menținere de 22°C, b) 0.4 NaOH cu temperatura de menținere 25°C, c) 0.5 NaOH cu temperatura de menținere de 25°C