

UNIVERSITATEA DIN BUCUREȘTI
FACULTATEA DE FIZICĂ



TEZĂ DE DOCTORAT

MATERIALE AVANSATE PENTRU SURSE
ALTERNATIVE DE ENERGIE - CELULE DE COMBUSTIE

ADINA – MIHAELA MOROZAN

Conducător științific:
Prof. Dr. LUCIAN GEORGESCU

BUCUREȘTI
2007



REZUMATUL TEZEI

Teza de doctorat abordează un subiect de mare actualitate referitor la optimizarea gamei de materiale funcționale alternative, eficiente pentru realizarea componentelor celulelor de combustie. Lucrarea este structurată în 6 capitole și prezintă rezultatele cercetării științifice obținute în activitatea de cercetare desfășurată de autoare în cadrul programului doctoral la Universitatea din București – Facultatea de Fizică.

În acest context, teza prezintă contribuții originale la dezvoltarea unor noi materiale avansate pentru componentele de bază ale celulelor de combustie: electrozi, catalizatori și membrane. Scopul cercetărilor l-a constituit îmbunătățirea performanțelor componentelor de bază ale celulelor de combustie. Un element de originalitate îl reprezintă și testarea materialelor carbonice avansate în celulele de biocombustie.

Primul capitol al tezei intitulat *“Introducere în tehnologia celulelor de combustie”* subliniază necesitatea implementării surselor alternative de energie și prezintă o clasificare a celulelor de combustie, cu caracteristicile, aplicațiile, avantajele și dezavantajele asociate fiecărui tip. Capitolul constituie o punte de legătură cu cele patru capitole experimentale incluse în teză.

Capitolul II intitulat *“Materiale carbonice și compozite utilizate în celulele de combustie – metode de caracterizare”* este dedicat descrierii amănunțite a metodelor de caracterizare utilizate pentru o analiză completă a materialelor obținute. Astfel sunt prezentate metode de difracție (XRD), metode spectroscopice (FT-IR, spectroscopie Raman, XPS, spectroscopie Mössbauer), tehnici de microscopie (OM, SEM, TEM, AFM), metode electrochimice, metode de investigare a proprietăților magnetice și electrice.

Studiul experimental a fost inițiat pentru o clasă de materiale carbonice avansate în scopul testării acestora ca electrozi în celulele de combustie. Astfel, în Capitolul III intitulat *“Materiale carbonice avansate pentru realizarea electrozilor în celulele de combustie”* este descrisă metoda de sinteză a materialelor carbonice avansate din precursori polimerici și ferocene, fiind realizată și o caracterizare completă a acestora prin asocierea unor tehnici variate de caracterizare. Metoda de sinteză a materialelor carbonice la care s-a recurs în acest studiu experimental este piroliza precursorilor polimerici în prezența sau nu a ferocenelor, până la temperaturi de 900 °C. Stabilirea și controlul programelor de tratament termic (viteza de creștere a temperaturii, valoarea temperaturii de reticulare, atmosfera de lucru) sunt factori esențiali în dezvoltarea structurilor de interes pentru stabilirea cărora au fost realizate numeroase seturi experimentale.



Piroliza precursorilor polimerici novolac și poliacrilonitril constituie etapa preliminară pentru realizarea electrozilor prin combinarea ulterioară a materialelor rezultate din piroliză cu pulberi metalice de Ni sau Cu. Un alt set de probe se obține din piroliza novolacului sau alcoolului polivinilic cu ferocene în diferite compoziții.

Imaginile TEM pun în evidență cele două efecte induse de prezența ferocenenelor în sistemul de piroliză: eliberarea fierului la nivel nanometric cu o ulterioară aglomerare a particulelor și rolul de catalizator al acestora în formarea unor structuri carbonice similare nanotuburilor/nanofibrelor. Diferite concentrații de aglomerări de nanoparticule au fost identificate în funcție de raportul masic inițial polimer/ferocene și de natura precursorului polimeric utilizat. Măsurătorile Mössbauer permit și indentificarea fazelor de fier nanometric. Tendințele de curbare pot fi asimilate cu formarea unor nanotuburi alcătuite din structuri aromatice spiroconjugate identificate din analiza TEM.

Particularitățile specifice la nivel nanometric pentru probele pirolizate din novolac sau alcool polivinilic cu ferocene sunt prin urmare prezența nanotuburilor și a aglomerărilor de compuși cu fier. Se poate observa că este ușor redus conținutul de nanotuburi în cazul probelor obținute din precursor alcool polivinilic comparativ cu probele obținute din precursor novolac.

Măsurătorile XRD permit indentificarea fazelor care alcătuiesc structura analizată; astfel că pe lângă nanotuburile de carbon, principalele faze identificate sunt Fe_3C și Fe. Liniile de difracție asociate fazelor Fe_3C și Fe sunt în concordanță cu alte rezultate raportate în literatura de specialitate pentru materiale similare obținute prin metode de sinteză diferite, cât și cu informațiile furnizate de spectrele Mössbauer efectuate în cadrul acestei teze.

Spectrele FT-IR sunt de asemenea în acord cu alte date raportate, proba obținută din piroliza novolacului cu ferocene în cazul conținutului maxim de ferocene, NH-Fe-5, prezintă aspecte similare cu MWNTs.

Din spectrele Raman ale materialelor carbonice pot fi identificate caracteristici specifice MWNTs, o dovadă a formării MWNTs fiind prezența benzii de la 2693 cm^{-1} atât în cazul pirolizei novolacului cât și a alcoolului polivinilic cu ferocene. Rezultatele obținute din spectrele Raman pentru probele sintetizate din piroliza celor doi precursori polimerici în prezența ferocenenelor, confirmă deci formarea MWNTs pe lângă o structură amorfă de carbon și sunt în concordanță cu rezultatele obținute din TEM.

Investigarea probelor carbonice prin măsurători electrochimice de voltametrie ciclică au fost realizate atât în electrolit buffer fosfatic (0,5M, pH=7) cât și electrolit H_2SO_4 (0,5M) într-o celulă electrochimică standard cu trei electrozi. Rezultatele obținute indică faptul că materialele testate nu au o activitate electrocatalitică semnificativă pentru reacția de reducere a oxigenului (ORR) în domeniul de potențial studiat.



Capitolul IV intitulat “Sisteme catalitice pentru celule de combustie de temperatură joasă” prezintă performanțele electrochimice ale sistemelor catalitice Pt/C, PtPd/C și Pd/C sintetizate prin metoda reducerii chimice a clorurilor metalice.

Metoda reducerii chimice a clorurilor metalice utilizând diferiți agenți reducători constituie una dintre cele mai accesibile și utilizate metode pentru sinteza catalizatorilor pe suport carbonic pentru promovarea reacțiilor electrochimice în celulele de combustie. Sinteza catalizatorilor Pt/C, PtPd/C și Pd/C prezentați în Capitolul IV s-a realizat prin metoda reducerii cu borohidru de sodiu (NaBH_4), respectiv cu acid formic (HCOOH), a precursorilor metalici.

Platina este cel mai utilizat electrocatalizator în tehnologia celulelor de combustie de tip DMFC deși este bine cunoscut faptul că sistemele bimetalice, cu una dintre componente platina, asigură o toleranță mărită la CO comparativ cu Pt individuală. Un alt metal cu activitate catalitică ridicată este Pd, având și o capacitate remarcabilă de a stoca și elibera o cantitate substanțială de hidrogen. Astfel, este justificată sinteza și testarea catalizatorilor Pd/C și PtPd/C în cadrul acestei teze.

Din rezultatele de voltametrie ciclică și EDAX pentru cele două tipuri de catalizatori, obținuți prin reducerea chimică a precursorilor metalici cu NaBH_4 sau cu HCOOH , se poate spune că prin metoda reducerii cu NaBH_4 se obțin catalizatori cu o electroactivitate mult mai bună decât a celor obținuți prin metoda reducerii cu HCOOH .

Totuși, nu se poate face o apreciere exactă a eficacității metodei de sinteză deoarece reducerea precursorilor H_2PtCl_6 și a PdCl_2 nu este totală conform ecuațiilor reacțiilor chimice.

Pe de altă parte rezultatele de voltametrie ciclică arată că PtPd/C prezintă o activitate catalitică comparabilă cu cea a catalizatorului Pt/C, avantajul esențial al acestui rezultat fiind reducerea cantității de Pt.

Cercetările au fost extinse și pentru obținerea altor elemente componente ale celulelor de combustie - membrane compozite organice-anorganice. Astfel, Capitolul V intitulat “Materiale membranare compozite organice-anorganice cu aplicații în celulele de combustie” este dedicat elaborării unor noi clase de membrane nanocompozite bazate pe structuri polimerice cu inserții de nanooxizi, ca alternative pentru membranele standard schimbătoare de protoni în celulele de combustie de tip DMFC. Membranele compozite însumează proprietățile electrice și catalitice ale structurilor încorporate cu proprietățile mecanice și flexibilitatea matricei polimerice, iar sinteza acestor membrane compozite este relativ simplă.

Obținerea membranelor nanocompozite prin modificări ale structurilor moleculare polimerice s-a realizat în două etape:

1. Dezvoltarea de noi materiale membranare din precursor poli-acrilonitril (PAN);



2. Înglobarea unor structuri nanometrice (dioxid de siliciu - SiO_2 , dioxid de titan - TiO_2 și oxid de zirconiu stabilizat cu oxid de ytriu – YSZ) în matricea polimerică dezvoltată din precursor PAN.

Metoda aplicată pentru dezvoltarea de noi materiale membranare din precursor PAN este termooxidarea în câmp centrifugal până la $400\text{ }^\circ\text{C}$, metodă dezvoltată în cadrul Laboratorului *Celule de Combustie. Stocare de hidrogen.*

Spectroscopia de fotoemisie și spectroscopia IR sunt tehnicile utilizate în studiul procesului de stabilizare a PAN, pentru identificarea structurii adecvate a matricei polimere în vederea înglobării structurilor nanometrice anorganice de tip oxid și elaborarea membranelor compozite pentru celule de combustie de tip DMFC.

Astfel, s-au realizat noi materiale membranare din precursor poliacrilonitril și structuri oxidice nanometrice de tip SiO_2 și TiO_2 , respectiv YSZ. A fost de asemenea investigată influența cantității de oxid asupra proprietăților membranei compozite. Probele cu inserție de nanooxizi au fost analizate morfologic prin AFM, XRD, SEM, spectroscopie Raman și FT-IR.

S-au efectuat măsurători pentru determinarea gradului de gonflare și a coeficientului de difuzie a metanolului, precum și măsurători de conductivitate electrică. Se poate astfel afirma că investigarea gradului de gonflare și a coeficientului de difuzie a metanolului pentru membranele compozite organice-anorganice sintetizate în cadrul acestei teze conduce la rezultate îmbunătățite față de membranele din seria Nafion, rezultatele indicând o bună perspectivă pentru utilizarea acestor noi membrane în celule de combustie care operează la temperaturi mai mari decât temperatura limită de utilizare a Nafionului ca electrolit în celulele de combustie ($\sim 80\text{ }^\circ\text{C}$).

În Capitolul VI intitulat "*Testarea materialelor carbonice avansate în celule de biocombustie*", studiul interacției dintre nanostructurile carbonice și sistemele biologice reprezintă o direcție nouă și interesantă de cercetare pentru investigarea procesului de creștere a microorganismelor. În acest context, sunt prezentate rezultatele interacției dintre nanostructurile carbonice cu sistemele biologice - testele de biocompatibilitate precum și testarea materialelor carbonice în celule de biocombustie.

Într-o primă etapă a studiului experimental prezentat în acest capitol a fost abordată utilizarea punctelor cuantice pentru realizarea unei noi configurații de celulă de biocombustie. Este vorba despre celule de biocombustie cu structuri biocatalitice integrate cu puncte cuantice pentru testarea activității microorganismelor.

Configurația celulei este preluată din literatura de specialitate, elementul de originalitate provenind din utilizarea punctelor cuantice solubile în apă, CdSe-ZnS stabilizate într-o micelă cu grupări aminice, într-un set de experimente, comparativ cu albastru de metilen cunoscut ca mediator electronic frecvent utilizat.



Rezultatele obținute indică faptul că punctele cuantice pot constitui elementul de bază al unui senzor pentru testarea activității microorganismelor, răspunsul pozitiv la testele de activitate fiind mult mai rapid decât în cazul testelor cu mediatori electronici frecvent utilizați.

Studiul interacției dintre nanostructurile carbonice și sistemele biologice reprezintă o nouă și interesantă direcție de cercetare în domeniul bionanotehnologiei, pentru investigarea procesului de creștere a microorganismelor. Studiul efectuat în acest sens a fost orientat spre aprecierea biocompatibilității bacteriilor *Staphylococcus aureus* și *Escherichia Coli* cu diferite specii de materiale carbonice, în ideea încorporării acestora în spațiul anodic al celulelor de biocombustie microbiene.

Bionanocompozitele pentru incubarea și creșterea coloniilor de bacterii au fost realizate cu un mediu inițial de cultură modificat cu materiale carbonice. Punctele cuantice fluorescente au fost utilizate datorită proprietății lor de coloranți luminiscenti sub acțiunea radiației de la albastru spre ultraviolet, la investigarea probelor pentru bioidentificarea rapidă a coloniilor dezvoltate.

Bionanocompozitele realizate sunt medii bune de cultură care accelerează creșterea bacteriilor, în particular *Staphylococcus aureus*.

Electrozii sunt componente esențiale pentru eficiența celulelor de biocombustie. O celulă de biocombustie microbiană cu *Escherichia Coli* drept biocatalizator și albastru de metilen ca mediator electronic, generează electricitate și conduce la o putere specifică mai mare când se utilizează electrozi cu un conținut de nanotuburi în compoziție. Este prima relatare despre un test de biocompatibilitate asociat cu structuri carbonice efectuat cu o celulă de biocombustie.

Lucrarea se încheie cu formularea concluziilor generale și cu prezentarea bibliografiei.

Obținerea și studiul complet al materialelor prezentate în cadrul acestei teze au fost posibile prin colaborarea cu laboratoare de cercetare din țară și din străinătate:

- Laboratorul de Microscopie Electronică al Universității Ovidius din Constanța cu sprijinul Prof. Dr. Victor Ciupină și Fiz. Gabriel Prodan;
- Laboratorul de Materiale Carbonice de la ICPE CA, București coordonat de Fiz. Ana-Maria Bondar;
- Laboratorul de Fotochimie Laser din INFLPR, București cu sprijinul colectivului coordonat de Dr. Ing. Ion Morjan;
- Laboratorul de Microbiologie din Spitalul Scarlat Longhin și Biolumimmedica SRL, cu sprijinul Dr. Biol. Luminița Stamatini;
- Institutul Național de Expertize Criminalistice din București cu sprijinul Ing. Constantin Mirea;



- Laboratorul Procesare Filme Subțiri cu Laser din INFLPR, București coordonat de Dr. Maria Dinescu;
- Department of Solid State Physics, Faculty of Physics and Applied Computer, AGH-University of Science and Technology din Polonia, cu sprijinul Prof. Henryk Figiel, Dr. Jan Żukrowski, Dr. Ewa Japa, Dr. Janusz Niewolski, Dr. Waldemar Tokarz, Dr. Łukacz Gondek.

Majoritatea rezultatelor obținute și prezentate în această teză au fost publicate în reviste de specialitate din țară și din străinătate (*Romanian Journal of Physics; Fullerenes, Nanotubes and Carbon Nanostructures; Journal of Membrane Science; Materials Science and Engineering: C; Physica E; physica status solidi (a); Journal of Optoelectronics and Advanced Materials*). De asemenea, au fost comunicate la diverse conferințe naționale și internaționale, aducând un element de noutate în domeniul dezvoltării de materiale pentru realizarea celulelor de combustie.

Materialele electrodice au fost testate în celule de biocombustie, studiul respectiv constituind și tema unui grant de cercetare Td 2916/2006 finanțat de Consiliul Național al Cercetării Științifice din Învățământul Superior și coordonat de autoare: „Studii și cercetări fundamentale asupra mecanismelor de transfer de electroni în celulele de biocombustie microbiene cu electrozi din materiale carbonice avansate nanostructurate”.

Cercetările efectuate în prezenta teză de doctorat au fost valorificate și în cadrul unor proiecte naționale de cercetare finanțate de Ministerul Educației și Cercetării: CERES 365/2004 – Cercetări privind proiectarea și caracterizarea experimentală a ansamblului membrană-electrod pentru pilele de combustie cu membrane schimbătoare de protoni, MATNANTECH 265/2004 – Nanostructuri pe bază de carbon sintetizate prin tehnici avansate și acțiunea lor asupra microorganismelor patogene, CEEX 88/2005 – Materiale alternative multifuncționale cu cost scăzut, pentru pile de combustie cu electrolit polimer (PEMFC) ce operează la temperaturi mai mari de 180°C, CEEX 602/2005 – Dezvoltarea de noi soluții în vederea îmbunătățirii performanțelor pilelor de combustie cu membrană schimbătoare de protoni.



BIBLIOGRAFIE

- [1]. Despre politica de energie a Uniunii Europene - lucrare din seria Micromonografii - Politici Europene, 2003
- [2]. I. Stamatina, **A. Morozan**, A. Dumitru, S. Vulpe, *Fuel cells: A New Generation for Alternative Energy Sources*, Ann. Univ. Buc.- Physics, LII:13, 2003
- [3]. **A. Morozan**, I. Stamatina, *Nanotechnology in Romania*, Nanotechnology Law & Business, 3(4):533, 2006
- [4]. A. J. Appleby, *Fuel Cells: Trends in Research and Applications*, New York, 1987
- [5]. H. A. Liebhafsky, E.J. Cairns, *Fuel Cells and Fuel Batteries*, John Wiley & Sons, 1968
- [6]. J. Larminie, A. Dicks, *Fuel Cell Systems Explained*, John Wiley & Sons, 2000
- [7]. M. Berry, A. Macdonald, *Energy through Hydrogen*, Heliocentris, 2000
- [8]. B. Cook, *An Introduction to Fuel Cells and Hydrogen Technology*, Canada, 2001
- [9]. <http://www.esi-topics.com/>
- [10]. A. J. Appleby, F.R. Foulkes, *Fuel Cell Handbook*, Van Nostrand Reinhold, New York, 1989
- [11]. B.C.H. Steele, A. Heinzl, *Nature*, 414: 345, 2001
- [12]. L. Oniciu, *Pile de combustie*, Editura Științifică București, 1971
- [13]. U. Desideri, P. Lunghi, R. Burzacca, *Fuel Cell Science, Engineering and Technology*, USA, 2003
- [14]. *Fuel Cells*, Int. Renewable Energy Magazine, Suplement 2003
- [15]. F. Barbir, *Handbook of Fuel Cells-Fundamentals, Technology and Applications*, A. J. Wiley and Sons Ltd., 2003
- [16]. G. H. Rohrback, W.R. Scott, J.H. Canfield, *Biochemical fuel cells*, In Proceedings of the 16th Annual Power Sources Conference, 1962
- [17]. K. R. Williams, *An Introduction to Fuel Cells*, Elsevier, Amsterdam, 1966
- [18]. S. J. Yao, A. J. Appleby, A. Geise, H.R. Cash, S. K. Wolfson, *Nature*, 224: 921, 1969
- [19]. I. Karube, H. Ikemoto, K. Kajiwara, E. Tamiya, H. Matsuoka, *J. Biotechnol.*, 4:73, 1986
- [20]. H. P. Bennetto, M. E. Dew, J. L. Stirling, K. Tanaka, *Chem. Ind.*, 7:776, 1981
- [21]. C. F. Thurston, H. P. Bennetto, G. M. Delaney, J. R. Mason, S. D. Roller, J. L. Stirling, *J. Gen. Microbiol.*, 131:1393, 1985.
- [22]. M. W. Chase, et al., "JANAF Thermochemical Tables, 1985
- [23]. N. Bonciocat, *Electrochimie și Aplicații*, Editura Dacia Europa-Nova, Timișoara, 1996
- [24]. F. N. Buchi, G. G. Scherer, *J. Electroanal. Chem.*, 404, 1996
- [25]. K. J. Vetter, *Electrochemical Kinetics*, Academic Press, New York, 1967
- [26]. www.fuelcelltoday.com
- [27]. *Fuel Cell Catalyst*, Vol. 3(2): Fuel Cell Vehicles in 2003, 2003
- [28]. I. Stamatina, **A. Morozan**, A. Dumitru, *Fuel Cells for Military Applications*, The 35th International Scientific Symposium of METRA, Bucharest, Romania, 2004



-
- [29]. H. Liu, R. Ramnarayanan, B.E. Logan, Environ. Sci. Technol., 38: 2281, 2003
- [30]. K. Rabaey, G. Lissens, S. D. Siciliano, W. Verstraete, Biotechnol. Lett., 25: 1531, 2003
- [31]. S. K. Chaudhuri, D. R. Lovley, Nat. Biotechnol., 21: 1229, 2003
- [32]. T. Braun, A. Schubert, S. Zsindely, Scientometrics, 38 (2): 321, 1997
- [33]. A. G. Mamalis, L.O.G. Vogtländer, A. Markopoulos, Precision Engineering, 28:16, 2004
- [34]. M.S. Dresselhaus, G. Dresselhaus, Nanostructured materials, 9:33, 1997
- [35]. S. Iijima, Nature, 354: 56, 1991
- [36]. J. W. Gilman, C.L. Jackson, A.B. Morgan, Chem. Mater., 12:1866, 2000
- [37]. E. P. Giannelis, Adv. Mater., 8:29, 1996
- [38]. V. Dolocan, Fizica stării solide, Ed. Universității din București, 2003
- [39]. I. Munteanu, Fizica solidului, Ed. Universității din București, 2003
- [40]. V. A. Drifts, C. Tchoubar, X-Ray Diffraction by Disordered Lamellar Structures, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1990
- [41]. F. Rousseaux, D. Tchoubar, Carbon, 15:55, 1977
- [42]. Y. Liu, J. S. Xue, T. Zheng, J. R. Dahn, Carbon, 34 (2):193, 1996
- [43]. A. Oberlin, Chemistry and Physics of Carbon, Vol. 22, Ed. P. A. Thrower. Marcel Dekker Inc., New York, 1989
- [44]. T. Zheng, Y. Liu, E. W. Fuller, S. Tseng, U. von Sacken, J. R. Dahn, J. Electrochem. Soc., 142:2581, 1995
- [45]. M. A. Ermakova, D.Y. Ermakov, A. L. Chuvilin, G. S. Kuvshinov, J. Catal., 201:183, 2001
- [46]. T. H. Lee, F. Y. C. Boey, K. A. Khor, Polymer Composites, 16:481, 2004
- [47]. A. Trutia, L. Nasta, F. Iova, I. Ionita, D. Bejan, Spectroscopie optica aplicata, Ed. Universității din București, 1995
- [48]. A. Butucelea, Tehnici noi în spectroscopie, Ed. Științifică și Enciclopedică, București, 1984
- [49]. G. A. Vanase, H. Sakai, Progress in Optics, VI, Ed. E. Wolf, Amsterdam, 1967
- [50]. T. Jawhari, A. Roid, J. Casado, Carbon, 33(11):1561, 1995
- [51]. J. Robertson, Adv. Physics, 35:317, 1986
- [52]. P. K. Bachmann, D. U. Wiechert, Diamond and Rel. Mat., 1:422, 1992
- [53]. R. O. Dillion, J. A. Woollam, Phys. Rev. B, 29(6):3482, 1984
- [54]. D. Beeman, J. Silverman, R. Lynds, M. R. Anderson, Phys. Rev. B, 30:870, 1984
- [55]. M. Tabbal, P. Merel, M. Chaker, M. A. E. Khakani, E. G. Herbert, B. N. Lucas, M. E. O'Hern, J. Appl. Physics, 85(7): 3860, 1999
- [56]. D. Briggs, Surface analysis of polymers by XPS and static SIMS, Cambridge Univ. Press, 1998
- [57]. J. F. Watts, J. Wolstenholme, An introduction to surface analysis by XPS and AES, John Wiley & Sons Ltd, England, 2003
- [58]. D. Barb, Efectul Mössbauer și aplicațiile sale, Ed. Academiei Române, 1972
- [59]. F. Vasiliu, D. Bojin, Microscopie electronică, Ed. Științifică și Enciclopedică, București, 1985
- [60]. Encyclopedia of materials characterization: surfaces, interfaces, thin films, Eds.: C. Richard Brundle, Charles A. Evans, Jr., Shaun Wilson., Manning Publications Co., SUA, 1992



- [61]. G. Binnig: Atomic force microscope and method for imaging surfaces with atomic resolution, US Patent 4,724,318, 1986
- [62]. G. Binnig, C. F. Quate, C. Gerber, Atomic force microscope, Phys. Rev. Lett., 56:930, 1986
- [63]. L. Jäntschi, Chimie Fizică. Analize Chimice și Instrumentale, Editura AcademicDirect, Cluj-Napoca, 2004
- [64]. T. Vișan, M. Buda, N. Ibrîș, Metode Electrochimice de Cercetare în Electrochimie și Coroziune, UPB, 1998
- [65]. N. Sano, H. Akazawa, T. Kikuchi, T. Kanki, Carbon, 41:2159, 2003
- [66]. X. Liu, B. Huang, N.J. Coville, Carbon, 40:2791, 2002
- [67]. H. Song, X. Chen, Chem. Phys. Lett., 374:400, 2003
- [68]. S. Miyanaga, H. Yasuda, A. Hiwara, A. Nakamura, Macromol. Sci-Chem., A27 (9-11):1347, 1990
- [69]. M. Leonowicz, M. Woźniak, Y.M. Shulga, V.E. Muradyan, Z. Liu, H.A. Davies, W. Kaszuwara, J. Grabski, Materials Letters, 60: 442, 2006
- [70]. X. X. Zhang, G.H. Wen, S. Huang, L. Dai, R. Gao, L. Wang, Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 231: L9, 2001
- [71]. D. Zilli, C. Chilotte, M. M. Escobar, V. Bekeris, G. R. Rubiolo, A. L. Cukierman, S. Goyanes, Polymer, 46: 6090, 2005
- [72]. Y. Saito, T. Yoshikawa, M. Okuda, N. Fujimoto, S. Yamamuro, K. Wakoh, K. Sumiyama, K. Suzuki, A. Kasuya, Y. Nishina, Journal of Applied Physics, 75:134, 1994
- [73]. J. Hery, J. Scott, S. Majetich, Physical Review B, 52:12564, 1995
- [74]. F. Yu, J. N. Wang, Z. M. Sheng, L. F. Su, Carbon, 43:3018, 2005
- [75]. T. Hayashi, S. Hirono, M. Tomita, S. Umemura, Nature, 381:772, 1996
- [76]. M. Chhowalla, K. B. K. Teo, C. Ducati, N. L. Rupesinghe, G. A. J. Amaratunga, A. C. Ferrari, Journal of Applied Physics, 90:5308, 2001
- [77]. L. Daroczi, D. L. Beke, G. Posgay, M. Kis-Varga, Nanostructured Materials, 6:981, 1995
- [78]. B. David, N. Pizúrová, O. Schneeweiss, P. Bezdička, R. Alexandrescu, I. Morjan, A. Crunteanu, I. Voicu, Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 290–291:179, 2005
- [79]. J. R. Dahn, T. Zheng, Y. Liu, J. S. Xue, Science, 270:590, 1995
- [80]. T. Vergunst, Ph.D. Thesis: Carbon coated monolithic catalysts, Delft University of Technology, Netherlands, 1999
- [81]. I. Stamatina, **A. Morozan**, A. Dumitru, *Carbon Materials for Microelectrodes in Fuel Cells*, E018 extended published on CD of Int. Conf. Carbon 2004, Rhode Island, USA, July 11-16, 2004
- [82]. A. Dumitru, L. M. Constantinescu, **A. Morozan**, I. Stamatina, *Carbon nanostructures obtained from novolac pyrolysis with ferrocene catalyst*, Ann. Univ. Buc.-Physics, LIII:23, 2005
- [83]. I. Stamatina, **A. Morozan**, A. Dumitru, V. Ciupina, G. Prodan, J. Niewolski, H. Figiel, *The synthesis of multi-walled carbon nanotubes (MWNT) by catalytic pyrolysis of the phenol-formaldehyde resins*, Physica E, 37 (1-2):44, 2007
- [84]. J.F. Colomer, P. Piedigrosso, A. Fonseca, J.B. Nagy, Synth. Met., 103:2482, 1999
- [85]. M. Ionescu, I. Stamatina, F. Nastase, C. Nastase, C. Serban, Mol.Cryst. Liq.Cryst., 415:133, 2004



- [86]. **A. Morozan**, A. Dumitru, I. Stamatina, *Carbon-Carbon Composites Based on Pyrolyzed Polymers and Nanoshells for Electrode Materials*, Ann.Univ.Buc.-Physics, LIII:37, 2005
- [87]. **A. Morozan**, H. Figiel, J. Żukrowski, E. Japa, W. Tokarz, A. Dumitru, I. Stamatina, *Structure and magnetic properties of nanoparticles trapped in a carbon matrix along with the catalytic growth of carbon nanotubes*, Materials Science and Engineering: C, 2007
- [88]. M. Perez-Cabero, I. Rodriguez-Ramos, A. Guerrero-Ruiz, J. Catal., 215:305, 2003
- [89]. J. W. Snoeck, G. F. Froment, M. Fowles, J. Catal., 169:240, 1997
- [90]. S. Liu, R. J. Wehmschulte, Carbon, 43: 1550, 2005
- [91]. C. Emmenegger, J. M. Bonard, P. Mauron, P. Sudan, A. Lepora, B. Grobety, A. Zuttel, L. Schlapbach, Carbon, 41:539, 2003
- [92]. S. Vulpe, **A. Morozan**, C. Nastase, F. Nastase, A. Dumitru, I. Stamatina, *Carbon foams derived from polyacrylonitrile*, The 5th International Edition of: Romanian Conference on Advanced Materials, September 11-14th, Bucharest-Magurele, Romania, 2006
- [93]. N. Chopra, M. Majumder, B. J. Hinds, Adv. Funct. Mater., 15:858, 2005
- [94]. **A. Morozan**, L. Stamatina, F. Nastase, A. Dumitru, S. Vulpe, C. Nastase, I. Stamatina, K. Scott, *The biocompatibility microorganisms-carbon nanostructures for applications in microbial fuel cells*, physica status solidi (a), 2007
- [95]. V. I. Goldanskii, Chemical Applications of Mössbauer Spectroscopy, Academic Press, New York, 1968
- [96]. E. D. Cabanillas, J. Desimoni, G. Punte, R. C. Mercader, Materials Science and Engineering A, 276:133, 2000
- [97]. S. Iwama, T. Fukaya, K. Tanaka, K. Ohshita, Y. Sakai, NanoStructured Materials, 12:241, 1999
- [98] W. Li, C. Liang, J. Qiu, W. Zhou, H. Han, Z. Wei, F. Sun, Q. Xin, Carbon, 40:791, 2002
- [99] L. M. Ang, T. S. A. Hor, G. Q. Xu, C. H. Tung, S. P. Zhao, J. L. S. Wang, Carbon, 38:363, 2000
- [100] V. Lordi, N. Yao, J. Wei, Chem. Mater., 13:733, 2001
- [101] T. W. Ebbesen, J. Phys. Chem. Solids, 57:951, 1996
- [102]. A. J. Dickinson, PhD thesis, University of Newcastle upon Tyne, UK, 2000
- [103]. W. Vielstich, J. Braz. Chem. Soc., 14(4): 503, 2003
- [104]. E. B. Easton, Chemical Modification of Fuel Cell Catalysts and Electrochemistry of Proton Exchange Membrane Fuel Cell Electrodes, PhD thesis, Memorial University of Newfoundland, Canada, 2003
- [105]. B. V. Tilak, B. E. Conway, H. W. Angerstein-Kozłowska, J. Electroanal. Chem., 48:1, 1973
- [106]. N. H. Li, S. G. Sun, S. P. Chen, J. Electroanal. Chem., 430:57, 1997
- [107]. M. M. P. Janssen, J. Moolhuysen, Electrochim. Acta, 21(11): 869, 1976
- [108]. R. Parsons, T. Vandernoot, J. Electroanal. Chem., 257:9, 1989
- [109]. R. Ianniello, V. M. Schmidt, U. Stimming, J. Stumper, A. Wallau, Electrochim. Acta, 39:1863, 1994
- [110]. S. Hirano, J. Kim, S. Srinivasan, Electrochim. Acta, 42:1587, 1997
- [111]. N. Fujiwara, Y. Shiozaki, T. Tanimitsu, K. Yasuda, Y. Miyazaki, Electrochemistry, 70:988, 2002
- [112]. C.W. Hills, N. H. Mack, R. G. Nuzzo, J. Phys. Chem. B, 107:2626, 2003
- [113]. G. N. Glavie, K. J. Klabunde, C. M. Sorenson, G. C. Hadjipanayis, Langmuir, 9:162, 1993



- [114]. J. Legrand, A. Taleb, S. Gota, M. J. Guittet, C. Petit, *Langmuir*, 18:4131, 2002
- [115]. H. Liu, C. Song, L. Zhang, J. Zhang, H. Wang, D. P. Wilkinson, *Journal of Power Sources*, 155:95, 2006
- [116]. F. A. Lewis, *The palladiu Hydrogen System*, Academia Press, London, UK, 1967
- [117]. L. Oniciu, E. M. Rus, *Surse electrochimice de putere*, Ed.Dacia, Cluj-Napoca, 1987
- [118]. S. U. Falk, A. J. Salkind, *Alkaline Storage Batteries*, John Wiley, New York, 1969
- [119]. L. Oniciu, V. Voinea, E. M. Rus, D. Constantin, C. Corabian, *Producerea, transportul și utilizarea energiei*, 1991
- [120]. K. Hideo, K. Tsuzura, H. Shimizu, *Ion Exchangers* - K. Dorfner (Ed.), Walter de Gruyter, Berlin, 1991
- [121]. H. Strathmann, *Membrane Separation Technology-Principles and Applications* - R.D. Nobe, S.A. Stern (Eds.), Elsevier Science B.V., 1995
- [122]. H. J. R. Magnet, *Handbook of Fuel Cell Technology* - C. Berger (Ed.), Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, USA, 1968
- [123]. W. G. Grot, *Chem. Ind.*, 19: 647, 1985
- [124]. J.O'M. Bockris, S. Srinivasan, *Fuel Cells: Their Electrochemistry*, McGraw-Hill, New York, 1969
- [125]. M. Wakizoe, O. A. Velez, S. Srinivasan, *Electrochim. Acta*, 40: 335, 1995
- [126]. Y. Woo, S. Y. Oh, Y. S. Kang, B. Jung, *J. Membr. Sci.*, 220: 31, 2003
- [127]. J. S. Wainright, J. T. Wange, D. Weng, R. F. Savinell, M. Litt, *J. Electrochem. Soc.*, 142(7):L121, 1995
- [128]. J. I. Bregman, R. S. Braman, *J. Colloid Sci.*, 20: 913, 1965
- [129]. K. Shrivastava, A. K. Jain, S. Agrawal, R. P. Singh, *Talanta*, 25: 157, 1978
- [130]. H. Ohya, R. Paterson, T. Nomura, S. McFadzean, T. Suzuki, M. Kogure, *J. Membr. Sci.*, 105:103, 1995
- [131]. W. Grot, E.I. DuPont de Nemours and Company, U.S. 3,718,627; 1968
- [132]. E. Peled, T. Tuvdevani, A. Melman, *Electrochemical and Solid State Letters*, 1:210, 1998
- [133]. K. D. Kreuer, *Solid State Ionics*, 136–137: 149, 2000
- [134]. C. Yang, P. Costamagna, S. Srinivasan, J. Benziger, A. B. Bocarsly, *J. Power Sources*, 103:1, 2001
- [135]. R. K. A. M. Mallant, *J. Power Sources*, 118:424, 2003
- [136]. B. Steele, A. Heinzl, *Nature*, 414:345, 2001
- [137]. J. Larminie, A. Dicks, *Fuel Cell Systems Explained*, 1st ed., Wiley, 2000
- [138]. M. Kogure, H. Ohya, R. Paterson, M. Hosaka, J. Kim, S. McFadzean, *J. Membr. Sci.*, 126:161, 1997
- [139]. H. Ohya, K. Masaoka, M. Aihara, Y. Negishi, *J. Membr. Sci.*, 146:9, 1998
- [140]. S. P. Nunes, B. Ruffmann, E. Rikowski, S. Vetter, K. Richau, *J. Membr. Sci.*, 203: 215, 2002
- [141]. Y. M. Kim, S. H. Choi, H. C. Lee, M. Z. Hong, K. Kim, H. I. Lee, *Electrochim. Acta*, 49: 4787, 2004
- [142]. T. Uda, D. A. Boysen, S. M. Haile, *Solid State Ionics*, 176: 127, 2005



- [143]. A. Dumitru, **A. Morozan**, C. Mirea, D. Mihaiescu, C. Pananiotu, V. Ciupina, I. Stamatina, *Inorganic Copolymer Based on Sylanes and Ferrocene Monomers, Precursors for Advanced Nanostructured Ceramics*, Composites Science and Technology, 65 (5):713, 2005
- [144]. A. Dumitru, I. Stamatina, **A. Morozan**, C. Mirea, V. Ciupina, *Si-C-N-Fe nanostructured ceramics from inorganic polymer precursors obtained by plasma polymerization*, Materials Science and Engineering: C, 2007
- [145]. T. Xu, J. Membr. Sci., 263:1, 2005
- [146]. B. Smitha, S. Sridhar, A. A. Khan, J. Membr. Sci., 259:10, 2005
- [147]. I. Stamatina, **A. Morozan**, A. Dumitru, S. Vulpe, *Highly Oriented Carbon Ribbons for Advanced Multifunctional Materials Engineering*, Fullerenes, Nanotubes and Carbon Nanostructures, 13(S1):543, 2005
- [148]. I. Stamatina, **A. Morozan**, A. Dumitru, *Nanostructured Materials Used for Design of the Components of Fuel Cells*, Romanian Journal of Physics, 49(9/10):767, 2004
- [149]. T. J. Xue, M. A. McKinney, C. A. Wilkie, Polymer Degradation and Stability, 58:193, 1997
- [150]. S. F. Fennessey, R. J. Farris, Polymer, 45:4217, 2004
- [151] N. Grassie, J. N. Hay, J. Polym. Sci., 56:189, 1962
- [152] G. H. Olive, S. Olive, Adv. Polym. Sci., 51:1, 1983
- [153] J. Schurz, J. Polym. Sci., 28:438, 1958
- [154] J. R. Pels, F. Kapteijn, J. A. Moulijn, Q. Zhu, K. M. Thomas, Carbon, 33:1641, 1995
- [155]. F. Le Normand, J. Hommet, T. Szörényi, C. Fuchs, E. Fogarassy, Phys. Rev. B, 64:235416-1, 2001
- [156]. G. Cardenas, C. Retamal, L. H. Tagle, Thermochem. Acta, 188:221, 1991
- [157]. P. J. Sanchez-Soto, M. A. Aviles, J. C. del Rio, J. M. Gines, J. Pascual, J. L. Perez-Rodriguez, Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 58–59:155, 2001
- [158]. G. Xue, Y. Lu, Int. J. Vib. Spect., 4 (2): 5, 2000
- [159]. L. I. B. David, A. F. Ismail, J. Membr. Sci., 213:285, 2003
- [160]. **A. Morozan**, L. Georgescu, S. Vulpe, A. Dumitru, I. Stamatina, *Designing and Producing of Organic-Inorganic Composite Membranes for Fuel Cells as Addition of SiO₂ and TiO₂*, P5.29, The 4th National Conference New Research Trends in Material Science-ARM-4, Constantza, Romania, 4-6 September 2005
- [161]. **A. Morozan**, I. Stamatina, M. Wienecke, A. Dumitru, I. Soare, S. Vulpe, *Composites Membranes Based on Sulphonated Polypyridines Derivatives with Nanometric Oxides Particles for DMFC Applications*, E-MRS 2005, Strasbourg, France, 31May-3 June 2005
- [162]. G. K. S. Prakash, M. C. Smart, Q. J. Wang, A. Atti, V. Pleyne, B. Yang, K. McGrath, G. A. Olah, S.R. Narayanan, W. Chun, T. Valdez, S. Surampudi, J. Fluorine Chem., 125:1217, 2004
- [163]. **A. Morozan**, I. Stamatina, A. Dumitru, S. Vulpe, *Sulphonated polypyridine derivatives based proton conducting polymer membranes for fuel cells*, Summer School on Green Chemistry of Polymers-EUROGREENPOL, Iasi, Romania, 21-27 August 2005
- [164]. **A. Morozan**, I. Stamatina, A. Dumitru, *Inorganic Modification of Proton Conductive Polymer Membranes for Fuel Cells*, NENAMAT Summer School, Primorsko, Bulgaria, 1-7 June 2005



- [165]. F. Nastase, C. Nastase, **A. Moroza**n, S. Vulpe, A. Dumitru, I. Stamatina, *Organic/inorganic composite membranes for application in DMFC*, The 5th International Edition of: Romanian Conference on Advanced Materials, Bucharest-Magurele, Romania, 11-14 September 2006
- [166]. D. Stoenescu, V. Stanciu, I. Stefanescu, I. Saros, **A. Moroza**n, S. Vulpe, M. Urse, N. Apetroaei, *Evaluation of proton conductive polymers as electrolyte for H₂/air fuel cells*, revista CNCSIS Progress of Cryogenics and Isotopes Separation, Nr. 17-18, 2006
- [167]. A.Y. Malkin, A. A. Askadsky, V. V. Kovriga, A. E. Chalykh, *Experimental Methods of Polymers*, Mir Publ., Moscow, 1983
- [168]. X. Zhou, J. Weston, E. Chalkova, M.A. Hofmann, C. M. Ambler, H. R. Allcock, S.N. Lvov, *Electrochim. Acta* , 48:2173, 2003
- [169]. A. Heinzl, V. M. Barragan, *J. Power Sources*, 84:70, 1999
- [170]. I. Stamatina, **A. Moroza**n, K. Scott, A. Dumitru, V. Ciupina, G. Prodan, *High Temperature Nanostructured Hybrid Membranes for Fuel Cells*, E-MRS 2005, Strasbourg, France, 31May-3 June 2005
- [171]. I. Stamatina, **A. Moroza**n, K. Scott, A. Dumitru, S. Vulpe, F. Nastase, *Hybrid Membranes for Fuel Cells based on Nanometer YSZ and Polyacrylonitrile Matrix*, *Journal of Membrane Science*, 227(1-2):1, 2006
- [172]. X. Glipa, M. E. Haddad, D. J. Jones, J. Roziere, *Solid State Ionics*, 97:323, 1997
- [173]. L. Li, J. Zhang, Y. Wang, *J. Membr. Sci.*, 226:159, 2003
- [174]. C. Nastase, D. Mihaiescu, F. Nastase, A. Moldovan, I. Stamatina, *Synth. Met.*, 147:133, 2004
- [175]. S. M. Haile, *Mater. Today*, March: 24, 2003
- [176]. E. Katz, A. N. Shipway, I. Willner, *Handbook of Fuel Cells – Fundamentals, Technology and Applications*, Vol. 1/Chapter 2: Biochemical fuel cells, John Wiley & Sons, Ltd, 2003
- [177]. H. P. Bennetto, *New Scientist*, 16:36, 1987
- [178]. B. Daviss, *Discover Magazine*, 16 (3):58, 1995
- [179]. K. Rabaey, W. Verstraete, *Trends in Biotechnol.*, 23(6): 291,2005
- [180]. G. M. Delaney, H. P. Bennetto, J. R. Mason, S. D. Roller, J. L. Stirling, C. F. Thurston, *J. Chem. Technol. Biotechnol.*, 34B: 13, 1984
- [181]. B. H. Kim, H. S. Park, H. J. Kim, G. T. Kim, I. S. Chang, J. Lee, N. T. Phung, *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 63:672, 2004
- [182]. S. Wilkinson, *Autonomous Robots*, 9: 99, 2000
- [183]. R. Emde, B. Schink, *Appl. Environ. Microbiol.*, 56: 2771, 1990
- [184]. N. Kim, Y. Choi, S. Jung, S. Kim, *Biotechnol. Bioeng.*, 70: 109, 2000
- [185]. K. Tanaka, N. Kashiwagi, T. Ogawa, *Chem. Tech. Biotechnol.*, 42:235, 1988
- [186]. I. Stamatina, **A. Moroza**n, L. Stamatina, A. Dumitru, *Prospective Investigations of Biofuel Cells as Source for Applications in Nanobiotechnology*, NATO Science Series II: Mathematics, Physics and Chemistry - Nanostructured and Advanced Materials, Vaseashta, A.; Dimova-Malinovska, D.; Marshall, J.M. (Eds.), 204:355, 2005
- [187]. F. Kaufmann, R. Lovley, *J. Bacteriol.*, 183(15): 4468, 2001
- [188]. C. Leang, M.V. Coppi, D.R. Lovley, *J. Bacteriol.*, 185(7): 2096, 2003



- [189]. K. Rabaey, N. Boon, S. D. Siciliano, M. Verhaege, W. Verstraete, *App. Env. Microbiol.*, 70(9):5373, 2004
- [190]. Y. Lin, S. Taylor, H. Li, S.K.A. Fernando, L. Qu, W. Wang, et al., *J. Mater. Chem.* 14(4):527, 2004
- [191]. D. H. Park, J. G. Zeikus, *Appl. Environ. Microbiol.*, 66 (4):1292, 2000
- [192]. R. M. Allen, H. P. Bennetto, *Appl. Biochem. Biotechnol.*, 39/40:27, 1993
- [193]. D. R. Bond, D. E. Holmes, L. M. Tender, D. R. Lovley, *Science*, 295:483, 2002
- [194]. K. Rabaey, G. Lissens, S. D. Siciliano, W. Verstraete, *Biotechnol. Lett.*, 25:1531, 2003
- [195]. D. R. Bond, D. R. Lovley, *App. Environ. Microbiol.*, 69:1548, 2003
- [196]. D. Park, S. Kim, I. Shin, Y. Jeong, *Biotechnol. Lett.*, 22: 1301, 2000
- [197]. A. M. Glauert, M. J. Thorley, *Annu. Rev. Microbiol.*, 23:159, 1969
- [198]. D. A. Gradskov, I. A. Kazarinov, V. V. Ignatov, *Russian Journal of Electrochemistry*, 37(11):1216, 2001
- [199]. D. H. Park, S. K. Kim, I. H. Shin, Y. J. Jeong, *Biotechnology Letters*, 22(16):1301, 2000
- [200]. I. Ardeleanu, D. G. Margineanu, H. Vais, *Bioelectrochemistry and Bioenergetics*, 11(4-6):273, 1983
- [201]. H.R. Horton, L. A. Moran, R. S. Ochs, J. D. Rawn, K. G. Scrimgeour, *Principles of Biochemistry*, Prentice Hall, Inc. New Jersey, 1996
- [202]. G. A. Justin, *Biofuel cells as a possible power source for implantable electronic devices*, MSc. Thesis, Pittsburgh, 2004
- [203]. M. R. Salvador, M. A. Hines, G. D. Scholes, *J. Chem. Phys.*, 118:9380, 2003
- [204]. G. D. Scholes, X. J. Jordanides, G. R. Fleming, *J. Phys. Chem. B*, 105(8):1640, 2001
- [205]. F. E. Kruis, K. Nielsch, H. Fissan, B. Rellinghaus, E. F. Wassermann, *Appl. Phys. Lett.*, 73(4): 547, 1988
- [206]. H. P. Bennetto, *Biotechnology Education*, 1(4):163, 1990
- [207]. I. Stamatina, **A. Morozan**, D. Platon, *The impact of bionanotechnology and biofuel cells in agriculture and food industry*, Internatinal Symposium: Agrochemistry in Romania – ecological products for agriculture, Bucharest, Romania, 11-12 May 2005
- [208]=47. K. Rabaey, W. Verstraete, *Trends in Biotechnology*, 23(6):291, 2005
- [209]=48. R. M. Allen, H. P. Bennetto, *App. Biochem. Biotech.*, 39/40:27, 1993
- [210]=49. H. Liu, B. E. Logan, *Env. Sci. Tech.*, 38:4040, 2004
- [211]. I. Morjan, I. Voicu, F. Dumitrache, I. Sandu, I. Soare, R. Alexandrescu, E. Vasile, I. Pasuk, R. M. D. Brydson, H. Daniels, B. Rand, *Carbon*, 41:2913, 2003
- [212]. I. Stamatina, I. Morjan, I. Voicu, **A. Morozan**, L. Stamatina, C. Fleaca, D. Platon, *Designing of bionanocomposites with different species of nanocarbons* (poster No. SA-129), The International Carbon Conference CARBON 2006, Aberdeen, Scotland, 16-21 July 2006
- [213]. M. A. Montez-Moran, D. Suarez, J. A. Menendez, E. Fuente, *Carbon*, 42, 2002
- [214]. S. D. Roller, H. P. Bennetto, G. M. Delaney, J. R. Mason, J. L. Stirling, C. F. Thurston, *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 34B:3, 1984
- [215]. **A. Morozan**, I. Stamatina, L. Stamatina, A. Dumitru, K. Scott, *Carbon electrodes for microbial fuel cells*, *Journal of Optoelectronics and Advanced Materials*, 9(1):221, 2007