



**Rețea wireless de senzori pasivi de hidrogen de tip
flex-on-chip pe baza de OLC-uri (onion-like carbon)
manipulate cu ajutorul dielectroforezei**

Raportare finală tehnico-științific

2017

Colectiv de lucru



Coordonator

Dr. Marius Andrei OLARIU (Manager Proiect)
Dr. Oana-Maria Neacșu
Dr. Sebastian Arădoaei
Mărioara Alistar (student)
Dr. Arcire Alexandru
Dr. Eduard Luncă



Partener P1

Dr. Corneliu Hamciuc (Responsabil științific P1)
Dr. Tăchiță Vlad-Bubulac
Dr. Dumitru Popovici
Drd. Alina-Mirela Ipate
Violeta Paun (asistent (tehnician))



Partener P2

Ing. EugenGabor-Bitere (Responsabil științific P2)
Ing. VasileBalau
Ing. ConstantinChihaia
Ing. SilviaBalau

“Din considerente de protecție a drepturilor de proprietate intelectuală informațiile cuprinse în această pagină sunt disponibile numai la cerere. Va mulțumim pentru înțelegere! Email: molariu@tuiasi.ro”

“Din considerente de protecție a drepturilor de proprietate intelectuală informațiile cuprinse în această pagină sunt disponibile numai la cerere. Va mulțumim pentru înțelegere! Email: molariu@tuiasi.ro”

“Din considerente de protecție a drepturilor de proprietate intelectuală informațiile cuprinse în această pagină sunt disponibile numai la cerere. Va mulțumim pentru înțelegere! Email: molariu@tuiasi.ro”

“Din considerente de protecție a drepturilor de proprietate intelectuală informațiile cuprinse în această pagină sunt disponibile numai la cerere. Va mulțumim pentru înțelegere! Email: molarium@tuiasi.ro”

“Din considerente de protecție a drepturilor de proprietate intelectuală informațiile cuprinse în această pagină sunt disponibile numai la cerere. Va mulțumim pentru înțelegere! Email: molarium@tuiasi.ro”

“Din considerente de protecție a drepturilor de proprietate intelectuală informațiile cuprinse în această pagină sunt disponibile numai la cerere. Va mulțumim pentru înțelegere! Email: molariu@tuiasi.ro”

“Din considerente de protecție a drepturilor de proprietate intelectuală informațiile cuprinse în această pagină sunt disponibile numai la cerere. Va mulțumim pentru înțelegere! Email: molariu@tuiasi.ro”

“Din considerente de protecție a drepturilor de proprietate intelectuală informațiile cuprinse în această pagină sunt disponibile numai la cerere. Va mulțumim pentru înțelegere! Email: molariu@tuiasi.ro”

“Din considerente de protecție a drepturilor de proprietate intelectuală informațiile cuprinse în această pagină sunt disponibile numai la cerere. Va mulțumim pentru înțelegere! Email: molariu@tuiasi.ro”

“Din considerente de protecție a drepturilor de proprietate intelectuală informațiile cuprinse în această pagină sunt disponibile numai la cerere. Va mulțumim pentru înțelegere! Email: molariu@tuiasi.ro”

“Din considerente de protecție a drepturilor de proprietate intelectuală informațiile cuprinse în această pagină sunt disponibile numai la cerere. Va mulțumim pentru înțelegere! Email: molariu@tuiasi.ro”

“Din considerente de protecție a drepturilor de proprietate intelectuală informațiile cuprinse în această pagină sunt disponibile numai la cerere. Va mulțumim pentru înțelegere! Email: molariu@tuiasi.ro”

“Din considerente de protecție a drepturilor de proprietate intelectuală informațiile cuprinse în această pagină sunt disponibile numai la cerere. Va mulțumim pentru înțelegere! Email: molariu@tuiasi.ro”

“Din considerente de protecție a drepturilor de proprietate intelectuală informațiile cuprinse în această pagină sunt disponibile numai la cerere. Va mulțumim pentru înțelegere! Email: molariu@tuiasi.ro”

Rezumatul proiectului

Potențialul ridicat al hidrogenului (H_2) ca soluție energetică cu "aproape-zero" emisii ce poate revoluționa sectorul energetic și cel al transportului este pe deplin cunoscut la nivelul industriei internaționale și al comunității academice. H_2 reprezintă o alternativă înlocuitoare pentru combustibilii fosili precum cărbunele, petrol sau gazul natural în furnale, motoare cu combustie internă, turbine sau turboreactoare. Până în prezent, soluțiile de tip "on-board" (mobile sau portabile) și "off-board" (staționare) stocare a H_2 s-au dovedit a fi soluții alternative energetice viabile și economice sustenabile.

În ciuda potențialului ridicat de aplicare și răspândire, creșterea cererii de H_2 necesită pe de o parte o continuă îmbunătățire și atenție deosebită pentru asigurarea unor măsuri de prevenție și securitate ridicate în instalațiile destinate producerii și consumului de H_2 pentru evitarea oricăror scurgeri, iar pe de altă parte, dezvoltarea de noi tehnologii pentru monitorizarea continuă și riguroasă a eventualelor scurgeri de H_2 .

În conformitate cu preocupările actuale ale societății academice și industriale, obiectivul științific general al proiectului **H_2 Sense** a fost acela **de a proiecta, dezvolta, testa și valida o rețea wireless inovatoare de senzori pasivi de tip flex-on-chip pe bază de onion-like carbon (OLC-uri) manipulate cu ajutorul dielectroforezei (DEP), care va permite semnalizarea scurgerilor neașteptate periculoase de hidrogen la nivel de instalații de stocare off-board (staționare) și on-board (mobile).**

Proiectul a fost implementat în perioada iulie 2014 – septembrie 2017 și activitățile asumate în cadrul Planului de realizare s-au desfășurat fără întârzieri, fiind atinse obiectivele științifice în proporție de 100%.

Echipa de management și implementare mulțumește UEFISCDI pentru sprijinul financiar acordat și monitorului de proiect, Cristian Stroe, pentru suportul logistic acordat pe parcursul tuturor etapelor proiectului.

Diseminarea rezultatelor

Lucrări la evenimente științifice:

1. **Corneliu Hamciuc, Marius Olariu**, Elena Hamciuc, Valentina-Elena Musteata, Dielectric behaviour study of silica-containing polyimide and poly(amide imide) hybrid films, 8th International Conference on BROADBAND DIELECTRIC SPECTROSCOPY AND ITS APPLICATIONS, BDS 2014, September 14–19, 2014, Wisła, Poland; - Poster
2. **C. Hamciuc**, E. Hamciuc, **M. Olariu**, M. Ignat, L. Okrasa, L. Dimitrov, Y. Kalvachev, The 2nd CEEP Workshop on Polymer Science, 24-25 October 2014, Iasi, Romania – Poster
3. **Corneliu Hamciuc, Elena Hamciuc**, Iuliana Stoica, **Marius Olariu**, Lidia Okrasa, Lubomir Dimitrov, Yuri Kalvachev, Dielectric behaviour of polyimide films containing TiO₂ nanotubes, Abstract ID: AFM2015-61959:PIInternational Conference Advances in Functional Materials, Stony Brook University, Long Island, NY, USA, Starting June 29th, 2015 to July 3rd, 2015, [Poster](#)
4. Synthesis of partially alicyclic copolyimides and characterization of surface modified films for biomedical applications. **D. Popovici, C. Hamciuc**, D. S. Vasilescu. Frontiers in Polymer Science, Riva del Garda, Italia, 20-22 mai 2015, program: poster.
5. Thin films based on fluorinated poly(1,3,4oxadiazole-ether)s. **C. Hamciuc, A. M. Ipate, M. Bruma, T. Vlad-Bubulac**, V. E. Musteata, G. Lisa, **M. Olariu**. European Polymer Congress, Dresda, Germania, 21-26 iunie 2015, Book of Abstracts, (poster SYN-P-125).
6. Optical characteristics of some phenylquinoxaline derivatives. **A. M. Ipate, C. Hamciuc**, M. Homocianu, A. Airinei, D. Serbezeanu. European Polymer Congress, Dresda, Germania, 21-26 iunie 2015, Book of Abstracts, (poster SYN-P-145).
7. Studies of antibacterial behaviour for some partially aliphatic copolyimides films after polychromatic irradiation. **D. Popovici**, D. Rosu, **C. Hamciuc**, D. S. Vasilescu. European Polymer Congress, Dresda, Germania, 21-26 iunie 2015, Book of Abstracts, (comunicare BIO-L-64).
8. Dielectric behaviour of polyimide films containing TiO₂ nanotubes (poster). **C. Hamciuc**, E. Hamciuc, I. Stoica, **M. Olariu**, L. Okrasa, L. Dimitrov, Y. Kalvachev. Advances in Functional Materials Conference, Stony Brook University, USA, Jun 29 - Jul 3, 2015.
9. Thermal and optical characteristics of some aromatic heterocyclic polyethers(Oral presentation) A XXXIV Conferinta de Chimie, Calimanesti-Caciulata, 04/10/2016 - 07/11/2016.

10. Improving Electromanipulation Capacity of Dielectrophoretic Arrays Based on Variation of Interdigitated Microelectrode's Geometry(Oral presentation) International Conference and Exposition on Electrical and Power Engineering,Iasi, Romania, 20/10/2016 - 22/10/2016.

Lucrări publicate în jurnale cotate ISI:

1. Mircea Ignat, Dragos Ovezza, Elena Hamciuc, **Corneliu Hamciuc**, Lubomir Dimitrov, Study on the electromechanical properties of polyimide composites containing TiO₂ nanotubes and carbon nanotubes, J Polym Res (2014) 21:536, DOI 10.1007/s10965-014-0536-y; IF – 1.897.
2. **C. Hamciuc**, E. Hamciuc, M. Homocianu, A. Nicolescu, I. D. Carja, Blue light-emitting heterocyclic polyamides containing 1,3,4-oxadiazole pendant groups, Dyes and Pigments, <http://dx.doi.org>
3. Suat Cetiner, Seyma Sirin, **Marius Olariu**, Frequency and temperature dependent dielectric properties of conductive acrylic composite thin films, Advances in Polymer Technology <http://onlinelibrary.wiley.com/>
4. Mircea Ignat, Dragos Ovezza, Elena Hamciuc, **Corneliu Hamciuc**, Lubomir Dimitrov, Study on the electromechanical properties of polyimide composites containing TiO₂ nanotubes and carbon nanotubes, J Polym Res (2014) 21:536, DOI 10.1007/s10965-014-0536-y, <http://springer.com>
5. Electromechanical properties of polyimide composites containing titanium dioxide nanotubes. E. Hamciuc, M. Ignat, **C. Hamciuc**, I. Stoica, L. Dimitrov, Y. Kalvachev, **M. Olariu**. High Perform. Polym., 27 (5), 590-598 (2015). <http://hip.sagepub>
6. Highly fluorinated poly(1,3,4-oxadiazole-ether)s. Structural, optical and dielectric characteristics. **A.-M. Ipate**, **C. Hamciuc**, M. Homocianu, V. E. Musteata, A. Nicolescu, M. Bruma, N. Belomoina, Journal of Polymer Research, 22:95 (2015). <http://link.springer>
7. Thermal and thermo-oxidative degradation of some heterocyclic aromatic polyethers containing phenylquinoxaline and/or 1,3,4-oxadiazole rings. G. Lisa, A.-M. Ipate, **C. Hamciuc**, N. Tudorachi, Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 112, 37–47 (2015). <http://www.sciencedirect.com/>
8. Specific spectral characteristics of some phenylquinoxaline derivatives. M. Homocianu, **A.-M. Ipate**, **C. Hamciuc**, A. Airinei. Journal of Molecular Liquids (J. Mol. Liq.), 202, 62-67 (2015). <http://www.sciencedirect.com>
9. Electrical properties of polyimide composite films containing TiO₂ nanotubes. **M. Olariu**, **C. Hamciuc**, L. Okrasa, E. Hamciuc, L. Dimitrov, Y. Kalvachev. Polymer Composites, DOI 10.1002/pc.23851, <http://onlinelibrary>
10. Thermal and thermo-oxidative stability and probable degradation mechanism of some polyetherimides. Gabriela Lisaa, **Corneliu Hamciuc** , Elena Hamciuc , Nita Tudorachi Journal

- of analytical and applied pyrolysis IF-3,652 <http://www.sciencedirect.com>
11. Silica-containing polyetherimide hybrid films based on methyltriethoxysilane as precursor of inorganic network. **Hamciuc Corneliu**, Hamciuc Elena, Tachita Vlad-Bubulac, Vlad Stelian, Asandulesa Mihai, Wolinska-Grabczyk Aleksandra Polymer testing IF-2,350 <http://www.sciencedirect.com>
12. Controlled Trapping of Onion-Like Carbon (OLC) via Dielectrophoresis. **Olariu Marius Andrei, Arcire Alexandru**, Plonska-Brzezinska Marta Journal of electronic materials IF-1,491 <http://link.springer.com/>
13. **C. Hamciuc**, E. Hamciuc, D. Rusu, M. Asandulesa, A. Wolinska-Grabczyk. Thermal, electrical, and gas transport properties of new aromatic poly(ether ether ketone)/silica hybrid films, Polym. Compos., 2017, DOI: 10.1002/pc.24455.

Brevete

A100507 din 24 iulie 2017 - Microsenzor rezistiv de detectie a hidrogenului si metoda de realizare –**Olariu Marius Andrei, Arcire Alexandru**

Bibliografie:

1. Herbert A. Pohl, Dielectrophoresis: The Behavior of Neutral Matter in Nonuniform Electric Fields (Cambridge Monographs on Physics), Cambridge University Press 1978, ISBN-13: 978-0521216579;
2. Khashayar Khoshmanesh et al., Dielectrophoretic platforms for bio-microfluidic systems, *Biosensors and Bioelectronics* 26 (2011) 1800–1814;
3. S. Burgarella, M. Bianchessi, and M. De Fazio, Numerical Modeling of Dielectrophoretic Forces Acting upon Biological Cells in Silicon Lab-On-Chip Devices, *Proceedings of the COMSOL Users Conference 2007 Grenoble*;
4. Barbaros C, Dongqing Li, Review Dielectrophoresis in microfluidic technology, *Electrophoresis* 2011, 32, 2410–2427, DOI 10.1002/elps.201100167;
5. Junya Suehiro et al, Controlled fabrication of carbon nanotube NO₂ gas sensor using dielectrophoretic impedance measurement, *Sensors and Actuators B* 108 (2005) 398–403, doi:10.1016/j.snb.2004.09.048.
6. M. K. Ghosh, K. L. Mittal, Ed., *Polyimides: Fundamentals and Applications*, Marcel Dekker, New York, 1996.
7. M. Sato. Polyimides: in *Handbook of Thermoplastics*, O. Olabisi, Ed., Marcel Dekker, New York, 1990.
8. D. J. Liaw, K. L. Wang, Y. C. Huang, K. R. Lee, J. Y. Lai, C. S. Ha. Advanced polyimide materials: Synthesis, physical properties and applications. *Prog. Polym. Sci.*, 37, 561-694, 2012.
9. G. Maier, J. Hausmann, M. Dietlmeier, S. Banerjee. Fluorinated heteroaromatic polyethers for low dielectric constant / high temperature applications. *Macromol. Symp.*, 142, 85-99, 1999.
10. G. Maier. Low dielectric constant polymers for microelectronics. *Prog. Polym. Sci.*, 26, 3-65, 2001.
11. R. H. Vora, P. S. G. Krishnan, S. H. Goh, T. S. Chung. Synthesis and properties of designed low-k fluoro-copolyetherimides. Part 1. *Adv. Funct. Mater.*, 11, 361-373, 2001.
12. S. J. Park, H. S. Kim. Influence of fluorination on surface and dielectric characteristics of polyimide thin film. *J. Colloidal Interf. Sci.*, 272, 384-390, 2004.
13. H. Li, J. Liu, K. Wang, L. Fan, S. Yang. Synthesis and characterization of novel fluorinated polyimides derived from 4,4'-[2,2,2-trifluoro-1-(3,5-ditrifluoromethylphenyl)ethylidene]-diphthalic anhydride and aromatic diamines. *Polymer*, 47, 1443-1450, 2006.
14. V. Y. Kramarenko, T. A. Shantalil, I. Karpova, K. S. Dragan, E. G. Privalko, V. P. Privalko, D. Fragiadakis P. Pissis, *Polym. Adv. Technol*, 15, 144, 2004.
15. S. Al-Kandary, A. M. M. Ali, Z. Ahmad, *J. Appl. Polym. Sci.*, 98, 2521, 2005.
16. S. Chen, D. Shen, X. Zhu, X. Tian, D. Zhou, L. Fan, *Eur. Polym. J.*, 45, 2767, 2009.
17. M. Miki, T. Suzuki, Y. Yamada, *J. Appl. Polym. Sci.*, 130, 54, 2013.
18. T. Akhter, S. Saeed, H. M. Siddiqi, O. O. Park, *Polym. Adv. Technol.*, 24, 407, 2013.
19. M. Y. Zhang, S. J. Zeng, Y. Fan, P. H. Zhang, Q. Q. Lei, *Polym. Compos.*, 29, 617, 2008.
20. M. Srividhya, B. S. R. Reddy, *J. Polym. Sci. A Polym. Chem.*, 45, 1707, 2007.
21. S. P. Thomas, S. Thomas, R. Abraham, S. Bandyopadhyay, *Express. Polym. Lett.*, 2, 528, 2008.
22. Y. Chikashige, Y. Chikyu, K. Miyatake, M. Watanabe, *Macromolecules*, 38, 7121, 2003.
23. C. P. Yang, Y. Y. Su, *J. Polym. Sci. Part A: Polym. Chem.*, 44, 3140, 2006.
24. Z. Wang, T. Chen, J. Xu *Macromolecules*, 33, 5672, 2000.
25. B. H. Lapizco-Encinas, M. Rito-Palomares: Dielectrophoresis for the manipulation of nanoparticles, *Electrophoresis* 28 (2007).
26. C. Zhang, K. Khoshmanesh, A. Mitchell, K. Kalantar-Zadeh: Dielectrophoresis for manipulation of micro/nano particles in microfluidic systems, *Anal Bioanal Chem* 396, (2010).

27. Yuan Lin: Numerical modeling of dielectrophoresis, Technical Reports from Royal Institute of Technology KTH Mechanics SE-100 44 Stockholm, Sweden, (2006).
28. M. Lungu, A. Neculae, M. Bunoiu: Some considerations on the dielectrophoretic manipulation of nanoparticles in fluid media, *J. of Optoelectronics and Advanced Materials* 12 (2011).
29. Kostner S, van den Driesche S, Witarski W, Pastorekova S, Vellekoop MJ (2010) Guided Dielectrophoresis: A Robust Method for Continuous Particle and Cell Separation. *IEEE Sensors J* 10(9): 1440–1446.
30. Pethig R & Markx GH (1997) Applications of dielectrophoresis in biotechnology. *Trends in biotechnology* 15(10).
31. Wenfeng Liang, Na Liu, Zaili Dong, Lianqing Liu, John D. Mai, Gwo-Bin Lee, Wen Jung Li: Simultaneous separation and concentration of micro-and nano-particles by optically-induced electrokinetics. (2013).
32. L. Reinert*a, M. Zeigerab, S. Suáreza, V. Presserab and F. Mücklicha Dispersion analysis of carbon nanotubes, carbon onions, and nanodiamonds for their application as reinforcement phase in nickel metal matrix composites, DOI: 10.1039/C5RA14310A (Paper) *RSC Adv.*, 2015, 5, 95149-95159;
33. Bokova-Sirosh, S. N.; Pershina, A. V.; Kuznetsov, V. L.; Ishchenko, A. V.; Moseenkov, S. I.; Orekhov, A. S.; Obratsova, E. D., Raman Spectra for Characterization of Onion-Like Carbon, *Journal of Nanoelectronics and Optoelectronics*, Volume 8, Number 1, January 2013, pp. 106-109(4), American Scientific Publishers, DOI: <https://doi.org/10.1166/jno.2013.1444>;
34. E.D. Obratsova, M. Fujii, S. Hayashi, V.L. Kuznetsov, Yu.V. Butenko, A.L. Chuvilin, Raman identification of onion-like carbon, *Carbon*, Volume 36, Issue 5, 1998, Pages 821-826, ISSN 0008-6223, [http://dx.doi.org/10.1016/S0008-6223\(98\)00014-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0008-6223(98)00014-1).
35. Yun Wang and John T. W. Yeow, "A Review of Carbon Nanotubes-Based Gas Sensors," *Journal of Sensors*, vol. 2009, Article ID 493904, 24 pages, 2009. doi:10.1155/2009/493904
36. Penza M., Martin P.J., Yeow J.T.W. (2014) Carbon Nanotube Gas Sensors. In: Kohl CD., Wagner T. (eds) *Gas Sensing Fundamentals*. Springer Series on Chemical Sensors and Biosensors (Methods and Applications), vol 15. Springer, Berlin, Heidelberg, DOI https://doi.org/10.1007/5346_2014_59
37. Jae-Hyeok Lee, Won-Seok Kang, Choolakadavil Khalid Najeeb, Bung-Sam Choi, Sung-Wook Choi, Hun Joo Lee, Soo Suk Lee, Jae-Ho Kim, A hydrogen gas sensor using single-walled carbon nanotube Langmuir–Blodgett films decorated with palladium nanoparticles, *Sensors and Actuators B: Chemical*, Volume 188, 2013, Pages 169-175, ISSN 0925-4005, <http://dx.doi.org/10.1016/j.snb.2013.06.066>;
38. J. Suehiro, S. Yamane and K. Imasaka, "Carbon Nanotube-Based Hydrogen Gas Sensor Electrochemically Functionalized with Palladium," 2007 *IEEE Sensors*, Atlanta, GA, 2007, pp. 554-557. doi: 10.1109/ICSENS.2007.4388458;
39. Amin Salehi-Khojin, Kevin Y. Lin, Christopher R. Field, Richard I. Masel, Nonthermal Current-Stimulated Desorption of Gases from Carbon Nanotubes, *Science* 10 Sep 2010:Vol. 329, Issue 5997, pp. 1327-1330, DOI: 10.1126/science.1194210;
40. Ong K. G., Grimes C. A., Robbins C. L., Singh R. S. Design and application of a wireless, passive, resonant-circuit environmental monitoring sensor. *Sen. Actuators A*. 2001;93:33–43.