



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

Etapa I – Dezvoltarea design-ului senzorului; Modelarea și simularea parametrilor multi-fizici

Raport tehnico-științific

2014

Colectiv de lucru



Coordonator

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



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. Eugen Gabor-Bitere (Responsabil științific P2)
Ing. Vasile Balau
Ing. Constantin Chihaiia
Ing. Silvia Balau

Rezumatul etapei

În cadrul etapei 1, Etapa I – Dezvoltarea design-ului senzorului; Modelarea și simularea parametrilor multi-fizici, s-au avut în vedere două aspecte: 1. determinarea caracteristicilor și design-ului celui mai potrivit al senzorului pasiv pe bază de OLC-uri, și implicit a valorilor parametrilor electrici caracteristici substratului pe care se va realiza depunerea microelectrozilor pe baza modelărilor și simulărilor numerice; 2. sinteza și caracterizarea materialului polimeric cu constantă dielectrică joasă pentru fabricarea substratului flex-on-chip.

Au fost simulate mai multe variante constructive a microelectrozilor la nivelul matricei polimerice flex-on-chip, și anume: (1) cu microelectrozi dreptunghiulari interdigitalizați;(2) cu microelectrozi dreptunghiulari cu dinți dreptunghiulari interdigitalizați;(3) cu microelectrozi dreptunghiulari cu dinți de fierăstrău interdigitalizați.

Pe baza simulărilor în CST Studio Suite a parametrilor electrici este propus design-ul platformei microelectrozi dreptunghiulari cu dinți dreptunghiulari interdigitalizați ca variantă ce va fi utilizată la elaborarea senzorului datorită atât buneii distribuții a câmpului electric cât și intensității puternice a acestuia, dar și datorită faptului că dezvoltarea platformei presupune utilizarea unei tehnologii mai puțin costisitoare (ex. depunere cu mască de tip shadow mask). Pe de altă parte, a fost demarată activitatea de sinteză a unor filme polimerice pe bază de poliamidimida fluorurată(PAI-F), filme polimerice pe bază de poli-1,3,4-oxadiazoli fluorurați(POx-F și POxFl-F), filme poliimidice nanocompozite ce conțin silice sau nanotuburi de bioxid de titan (TiO₂): filme nanocompozite poliimida/silice(PI-Si10) și filme nanocompozite poliimidă/nanotuburi deTiO₂(PI-T10). Toate aceste materiale au fost caracterizate din punct de vedere al proprietăților fizico-chimice și electrice.

Cuprins

Obiectivele etapei	Pag. 4
Modelarea și simularea electrică a platformei de microelectrozi interdigitalizați	Pag. 6
Evoluția permitivității dielectrice și a factorului de pierderi la variația frecvenței	Pag. 6
Distribuția câmpului electric la nivelul microelectrozilor	Pag. 7
Modelarea și simularea parametrilor mecanici	Pag. 10
Definirea conceptului senzorului H2Sense	Pag. 11
Sinteza și caracterizarea materialului polimeric cu constantă dielectrică joasă pentru fabricarea substratului flex-on-chip	Pag. 12
Filme polimerice pe bază de poli-1,3,4-oxadiazoli fluorurați, POx-F și POxFl-F	Pag. 13
Prepararea unor filme poliimidice nanocompozite ce conțin silice sau nanotuburi de TiO₂. Filme nanocompozite poliimida/silice, PI-Si10	Pag. 14
Filme nanocompozite poliimidă/nanotuburi de bioxid de titan, PI-T10	Pag.16
Concluzii	Pag. 18
Diseminarea rezultatelor	Pag. 19
Bibliografie	Pag. 20

"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 "

"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 "

Concluzii

În cadrul primei etape de implementare a proiectului H2Sense s-au avut în vedere două aspecte:

1. determinarea caracteristicilor și design-ului celui mai potrivit al senzorului pasiv pe bază de OLC-uri, și implicit a valorilor parametrilor electrici caracteristici substratului pe care se va realiza depunerea microelectrozilor pe baza modelărilor și simulărilor numerice.
2. sinteza și caracterizarea materialului polimeric cu constantă dielectrică joasă pentru fabricarea substratului flex-on-chip.

Au fost simulate mai multe variante constructive a microelectrozilor la nivelul matricei polimerice flex-on-chip, și anume: (1) cu microelectrozi dreptunghiulari interdigitalizați;(2) cu microelectrozi dreptunghiulari cu dinți dreptunghiulari interdigitalizați;(3) cu microelectrozi dreptunghiulari cu dinți de fierăstrău interdigitalizați.

Pe baza simulărilor în CST Studio Suite a parametrilor electrici s-a constatat faptul că cel mai slab câmp electric se obține în cazul variantei constructive cu microelectrozi dreptunghiulari interdigitalizați. Așa cum reiese și din Tabelul 3 variantele de platforme constructive cu microelectrozi dreptunghiulari cu dinți dreptunghiulari interdigitalizați și cu microelectrozi dreptunghiulari cu dinți de fierăstrău interdigitalizați s-au dovedit a fi cele mai convenabile din punct de vedere al intensității câmpului electric și al distribuției acestuia. Totuși, în urma analizei tehnologiilor de depunere a electrozilor s-a constatat că în cazul microelectrozilor dreptunghiulari cu dinți de fierăstrău interdigitalizați trebuie utilizată o tehnologie de depunere cu rezoluție (vârf dinte fierăstrău foarte ascuțit) fapt ce va conduce la creșterea prețului de fabricație. Pentru evitarea costurilor suplimentare se propune așadar utilizarea conceptului trei de platformă, cel cu microelectrozi dreptunghiulari cu dinți dreptunghiulari interdigitalizați, datorită atât bune distribuții a câmpului electric cât și intensității acestuia, dar și datorită faptului că dezvoltarea platformei presupune utilizarea unei tehnologii mai puțin costisitoare (ex. depunere cu mască de tip shadow mask).

Pe de altă parte, după cum se observă din Figura 2, simulările numerice au condus la obținerea unor valori ale constantei dielectrice și a factorului de pierderi pentru substratul polimeric de 3.5, respectiv 0.005-0.01. În aceste condiții, a fost demarată activitatea de sinteză a unor filme polimerice pe bază de poliamidimida fluorurată, PAI-F, filme polimerice pe bază de poli-1,3,4-oxadiazoli fluorurati, POx-F și POxFI-F, filme nanocompozite poliimidă/silice, PI-Si10 și filme nanocompozite poliimidă/nanotuburi de bioxid de titan, PI-T10. Toate aceste materiale au fost caracterizate din punct de vedere al proprietăților fizico-chimice și electrice, dar cum activitatea este la început, nu a fost luată o decizie finală cu privire la materialul care va fi utilizat la realizarea substratului de tip flex-on-chip.

În ce privește activitatea de diseminare a rezultatelor, au fost publicate până în prezent 2 lucrări științifice în reviste cu factor de impact ISI, au fost prezentate la evenimente științifice două lucrări, o lucrare este trimisă spre evaluare în cadrul unei reviste cu factor de impact ISI, și se așteaptă confirmarea acceptării unei lucrări științifice la o conferință științifică.

Per ansamblu, până la această oră, considerăm că activitățile asumate în cadrul Planului de realizare se desfășoară fără întârzieri și/sau probleme, fiind atinse obiectivele științifice în proporție de 100%.

Diseminarea rezultatelor

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

Lucrări științifice publicate în reviste ISI:

1. Mircea Ignat, Dragos Ovezea, Elena Hamciuc, Corneliu Hamciuc, Lubomir Dimitrov, Study on the electromechanical properties of polyimide composites containing TiO₂ nanotubes and carbon nanotubes, *Journal of Polymer Research* (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*, **114**, 110-123 (2015); <http://dx.doi.org/10.1016/j.dyepig.2014.10.018> - IF - 3.468

Lucrări științifice trimise spre publicare în reviste ISI:

1. Suat Cetiner, Seyma Sirin, Marius Olariu, Frequency and temperature dependent dielectric properties of conductive acrylic composite thin films, *Advances in Polymer Technology* – IF- 1.10

Lucrări științifice trimise la evenimente științifice:

1. 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:PI International Conference Advances in Functional Materials, Stony Brook University, Long Island, NY, USA, Starting June 29th, 2015 to July 3rd, 2015.

Bibliografie:

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;

Khashayar Khoshmanesh et al., Dielectrophoretic platforms for bio-microfluidic systems, *Biosensors and Bioelectronics* 26 (2011) 1800–1814;

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*;

Barbaros C, Dongqing Li, Review Dielectrophoresis in microfluidic technology, *Electrophoresis* 2011, 32, 2410–2427, DOI 10.1002/elps.201100167;

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.

M. K. Ghosh, K. L. Mittal, Ed., *Polyimides: Fundamentals and Applications*, Marcel Dekker, New York, 1996.

M. Sato. Polyimides: in *Handbook of Thermoplastics*, O. Olabisi, Ed., Marcel Dekker, New York, 1990.

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.

G. Maier, J. Hausmann, M. Dietlmeier, S. Banerjee. Fluorinated heteroaromatic polyethers for low dielectric constant / high temperature applications. *Macromol. Symp.*, 142, 85-99, 1999.

G. Maier. Low dielectric constant polymers for microelectronics. *Prog. Polym. Sci.*, 26, 3-65, 2001.

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.

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.

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.

W. Jang, D. Shin, S. Choi, S. Park, H. Han. Effects of internal linkage groups of fluorinated diamine on the optical and dielectrical properties of polyimide thin films. *Polymer*, 48 2130- 2143, 2007.