

RAPORTUL ȘTIINȚIFIC ȘI TEHNIC

REZUMAT Etapa III/2018

Nanomateriale și arhitecturi inovatoare pentru aplicații integrate de captare a energiei piezoelectrice

În cadrul Etapei III cu titlul ***Dezvoltarea dispozitivelor nano-piezo-electrice, prototiparea și testarea acestora. Dezvoltarea aplicațiilor de captare a energiei cu procesare de semnal.*** din cadrul proiectului cu titlul „**Nanomateriale și arhitecturi inovatoare pentru aplicații integrate de captare a energiei piezoelectrice**” au fost îndeplinite cu succes toate obiectivele pe care colectivul de cercetare le-a propus spre finalizare în cadrul activităților aferente etapei și prevăzute în planul de realizare:

În cele ce urmează vor fi prezentate pe scurt toate acțiunile ce au fost întreprinse de membrii echipelor de cercetare în sensul îndeplinirii sarcinilor propuse:

I. ACȚIUNI SPECIFICE DE CERCETARE CONFORM PLANULUI DE REALIZARE

- Modelarea dispozitivelor nano-piezo-electrice și optimizarea tehnologiei de producție a acestora pe scară largă
- Testarea proprietăților dielectrice, piezo- și feroelectrice ale dispozitivelor nano-piezo-electrice dezvoltate
- Modelarea dispozitivelor nano-piezo-electrice integrate cu procesare de semnal pentru conversia selectivă a energiei
- Optimizarea dispozitivelor nano-piezo-electrice pentru aplicații intersectoriale specifice
- Dezvoltarea unui model experimental de dispozitiv nano-piezo-electric cu suportul partenerului SME
- Diseminare și actualizarea paginii web.

II. ACȚIUNI DE DISEMINARE ALE PROIECTULUI:

VIZITE DE LUCRU

Au fost efectuate vizite de lucru la Embedded World Exhibition 2018 și la Academia Forum al Renesas Electronics Europe GmbH, Nueremberg, Germania; INCDFM, Magurele; Univ. Sapienza din Roma, Italia.

PUBLICAȚII ȘI PARTICIPĂRI LA MANIFESTĂRI ȘTIINȚIFICE CU IMPACT LA NIVEL INTERNAȚIONAL

1. *Limits and Particularities of the Synthesis of $Ba_{1-x}Ca_xTiO_3$ for Piezoelectric Applications, by Topochemical Conversion from Molten Salt Solutions*, Vlaicu I.D., Macek Krzmann M., Maraloiu A.V., Ghica D., Mercioniu I.F., Ștefan M., Vlaicu A.M., Negrea R.F., Kuncser A.C., Bulat S., Ciobanu R.C., Plopa O., 2018 International Conference on Electrical and Power Engineering EPE 2018, Iași, Romania, 18-19 Octombrie 2018.

CONCLUZII

În prima parte a etapei a fost studiat design-ul optim al dispozitivelor nano-piezo-electrice care se bazează pe următoarele elemente: coeficientul de cuplare piezoelectrică (coeficient piezoelectric - d) care poate fi definit drept viteza de variație a polarizării (P) în funcție de tensiunea mecanică (σ), aplicată sub câmp electric constant ($E = \text{ct.}$), coeficientul de tensiune (g) care descrie câmpul electric (E) produs de o tensiune mecanică (s), aplicată la polarizare constantă ($P = \text{ct.}$), factorul de cuplare electromecanică (k) și factorul de calitate mecanică (Q_m).

Obiectivele design-ului optim sunt acelea de a dezvolta un model analitic al generatorului care să faciliteze estimarea cantității de energie care poate fi recoltată la un anumit nivel de vibrație. În cele din urmă, ar trebui să ofere designerilor o modalitate explicită de a îmbunătăți performanțele ansamblurilor piezoelectrice. În plus, modelul poate fi folosit pentru studiile parametrice ale dispozitivului, condiționate în fabricare și proiectare și de efectele de mediu, cum ar fi temperatura. Obiectivul principal al optimizării este acela de a găsi un model mai precis și predictiv de recoltare a energiei. Generatorul piezo este modelat folosind 2 tehnici diferite pentru a evalua tensiunea și puterea produsă de energia vibrațională.

În colaborare cu partenerul din Slovenia s-au realizat plăcuțe piezoelectrice prin inserarea nanoparticulelor de $BaTiO_3$ activat cu Sr și Ca – structura tetragonală, în matrice de polimeri tip Polydimethylsiloxane și Polyvinylidene difluoride, în proporție de cca. 70% material piezo și 30% polimer, termoformat în presă la 200°C și decupat ca pastile. Sistemul de măsurare folosit la analiza proprietăților dielectrice la variația frecvenței și temperaturii este un analizor de impedanță model Alpha A de la Novocontrol, o celulă ZGS și un sistem de control al temperaturii Quatro Cryosistem (domeniul de frecvență: $0.1 \text{ Hz} \div 100 \text{ MHz}$; interval de temperatură: $-20^\circ\text{C} \div +120^\circ\text{C}$). După care s-a analizat, la mediu ambient, evoluția părții reale și imaginare a permitivității, pierderile dielectrice și respectiv conductivitatea, la variația frecvenței. Probele au fost măsurate din punct de vedere feroelectric cu ajutorul Sistemului de ridicare a curbei de histerezis electric Aixact TF Analyser 2000.

S-a realizat un raport privind design-ul optim al dispozitivelor integrate cu procesare de semnal. Generatorul piezoelectric produce un curent alternativ, al cărui amplitudine variază în

funcție de amplitudinea și frecvența vibrațiilor. Pe de altă parte, sarcinile electronice conectate la ieșire necesită o tensiune DC cu amplitudine relativ scăzută. Astfel, dispozitivele integrate cu procesare de semnal necesită două etape de conversie a puterii. Redresorul AC/DC din prima treaptă (partea I) convertește tensiunea de ieșire variabilă AC livrată de generatorul piezoelectric într-o ieșire DC. Convertorul DC/DC din cea de-a doua treaptă (partea a II-a) servește la conversia tensiunii primare de curent continuu la o tensiune de curent continuu de ieșire solicitată de către sarcină.

S-au studiat posibilitati de adaptare a conceptului pentru aplicațiile intersectoriale specifice ale dispozitivelor nano-piezo-electrice. Piezogeneratorul considerat pentru aplicații intersectoriale este o structură vibrantă simplă, care poate fi fie un rezonator conceput pentru a fi excitat de vibrația structurii gazdă (cum ar fi recoltarea indirectă a energiei – vibrații ale podurilor, căilor ferate etc.), fie există o structura echipată cu un piezoelement de recoltare directă, cum ar fi de ex. cuplarea pe un motor electric.

Pe baza colaborării cu partenerul industrial și cu partenerul din Slovenia, s-a convenit dezvoltarea unui model experimental bazat pe următoarele considerente:

- frecvența rezonantă, f , să fie în intervalul de frecvență este comun pentru vibrațiile de mediu între 60 Hz și 200 Hz
- modelul mecanic să fie acel al consolei bimorfe, formata din două straturi de material piezoelectric bazat pe BaTiO₃ modificat cu Sr și Ca, depuse pe un suport de siliciu.

Modelul elementului finit este realizat în COMSOL pe baza "mecanicii structurale" cu rutina „piezoelectric”. S-a studiat, de asemenea, modul în care variațiile frecvențelor rezonante ale structurii, care afectează energia electrică piezoelectrică, sunt afectate de lungimea, lățimea și grosimea consolei. Modelul experimental poate fi personalizat într-un mod versatil în funcție de: parametrii materialului piezoelectric și disponibilitatea dimensională, urmând a se programa, prin ajustarea arhitecturii structurii piezo, frecvența de rezonanță dorită, și a se calcula ulterior tensiunea la ieșire, în funcție de care se proiectează circuitul AC și convertorul AC/DC.