

Rezumat și concluzii pentru raportului științific privind implementarea proiectului PN-II-RU-TE-2014-4-1271 în perioada ianuarie 2016 – decembrie 2016

Obiectivele etapei 2

În cadrul etapei a 2-a de realizare a proiectului au fost prevăzute și realizate integral următoarele obiective:

1. Analiză teoretică și numerică a răspunsului mecanic al micromembranelor cu multiple grade de mobilitate

2. Fabricarea de micromembrane cu mobilitate ridicată

Rezumatul etapei 2

După realizarea unui studiu bibliografic a dispozitivelor MEMS utilizate în aplicații optice și testarea mecanică și tribologică a unor materiale MEMS, activități desfășurate în prima etapă de realizare a proiectului (2015), s-a trecut la proiectarea, analiza teoretică și cu elemente finite precum și la fabricarea de micromembrane cu multiple grade de libertate. Mobilitatea micromembranelor este dată de către articulații, adică de modul de legătură dintre partea mobilă centrală și substrat. Răspunsul mecanic al unor astfel de micromembrane depinde de rigiditatea articulațiilor care este influențată de geometria structurii și de material. Deformarea micromembranelor este direct proporțională cu forța de acționare aplicată și invers proporțională cu rigiditatea structurii. Forța de adeziune dintre micromembrană și substrat este dependentă de forța de revenire a micromembranei care este influențată de rigiditate. În aplicații optice MEMS apare un gradient de temperatură care duce la o solicitare suplimentară termică a structurii alături de solicitarea mecanică de deformare cu o influență asupra duratei de viață a sistemului. În cadrul acestei etape au fost analizate micromembrane cu diferite moduri de articulare pentru care s-au elaborat relații analitice necesare calculului rigidității. Cu aceste relații, proiectanții de sisteme optice MEMS au posibilitatea de a determina deplasarea micromembranei sub acțiunea unui semnal de comandă sau de a determina forța necesară pentru deplasarea micromembranei pe o distanță impusă. De asemenea, utilizând relațiile dezvoltate, proiectanții au posibilitatea de a optimiza dimensiunile geometrice și geometria articulațiilor astfel încât să obțină o acuratețe în răspuns și o sensibilitate ridicată sau de a se obține geometria optimă care duce la o influență cât mai redusă a temperaturii asupra răspunsului micromembranei. Rezultatele analitice au fost comparate cu valorile numerice obținute prin analiza cu elemente finite. S-au modelat micromembranele proiectate și s-a determinat deplasare numerică a plăcii mobile sub acțiunea unei forțe precum și starea de tensiuni din structură. Micromembranele astfel proiectate și analizate numeric au fost fabricate. Materialul din care s-au realizat micromembranele este aurul, unul dintre materialele cele mai des utilizate în aplicații optice MEMS cu proprietăți reflectorizante ridicate și un coeficient de conductivitate termică corespunzător. La micromembranele fabricate s-au măsurat dimensiunile reale și acestea au fost supuse unui studiu de material în vederea determinării valorii reale a modului de elasticitate. Testarea experimentală a acestor micromembrane și compararea cu rezultatele analitice și numerice constituie obiectivul etapei 3 de dezvoltare a proiectului.

Concluzii

În această etapă de desfășurare a proiectului s-a pus accent pe proiectarea de micromembrane cu diferite configurații geometrice și mobilitate ridicată. În funcție de configurația articulațiilor, unele membrane au mai multe grade de libertate sau sunt caracterizate de mobilitate mai ridicată după anumite direcții de deplasare. Deplasările posibile a fi realizate de partea centrală mobilă a micromembranelor pot fi deplasări de translație după cele 3 axe de coordonate sau deplasări de rotație. Mărimea deformării micromembranelor depinde de forța aplicată și de rigiditatea structurii. Rigiditatea este influențată de dimensiunile geometrice și de materialul membranelor. Pentru a putea obține micromembrane cu răspuns diferit (deplasare diferită sub acțiunea aceleiași forțe) s-au proiectat și fabricat micromembrane cu diferite dimensiuni geometrice.

Configurația micromembranelor a fost modificată obținându-se 5 tipuri de structuri: micromembrană cu articulații pliate, micromembrană cu articulații în serpentină, micromembrană cu articulații dreptunghiulare, micromembrană cu articulații de tip paletă și micromembrană încastrată la două capete.

La micromembranele proiectate s-au elaborat relații pentru determinarea analitică a rigidității și a deplasării sub acțiunea unui semnal de comandă. Pe de altă parte, dacă se dorește o deplasare controlată a micromembranei în vederea dirijării unui fascicol optic, pe baza relațiilor elaborate se poate determina forța necesară, adică semnalul de comandă ce trebuie aplicat pe structură.

Rigiditățile determinate analitic au fost comparate cu valorile numerice. Astfel s-au modelat micromembranele cu diferite dimensiuni geometrice, s-a aplicat o forță controlată și s-a obținut deformarea structurii. Forța aplicată împărțită la deplasare oferă informații despre valoarea numerică a rigidității. La alte structuri analizate s-a determinat forța necesară pentru a deplasa structura la substrat adică o deplasare controlată de 3 μ m. Tot prin analiza cu elemente finite s-a realizat un studiu al distribuției tensiunii în micromembrane cu evidențierea tensiunii maxime. Funcție de tipul de articulare s-au obținut diferite tensiuni de solicitare dar toate au fost sub valorile admisibile date în literatura de specialitate pentru materialul considerat al micromembranei (aur).

În aplicații optice, micromembranele își îndeplinesc funcția sub acțiunea unui câmp termic. Creșterea temperaturii poate influența răspunsul sistemului prin modificarea rigidității micromembranelor (scăderea rigidității pe baza relaxării materialului sau creșterea rigidității pe baza dilatării termice și apariția unei tensiuni suplimentare datorate prestresului structurii). Aceasta a impus analiza comportării micromembranelor proiectate în prezența unui gradient de temperatură. S-a modificat temperatura pe reazemele micromembranelor de la 20°C la 100°C și s-a determinat modificarea în rigiditate. Pe baza acestei analize s-a constatat că influența cea mai mică pe care o are temperatura asupra rigidității micromembranelor este la micromembranele cu articulații de tip serpentină. Prin urmare se recomandă utilizarea acestui tip de micromembrană cu articulații de tip serpentină în aplicații optice MEMS care funcționează la temperaturi ridicate sau în aplicații termice.

Rezultatele analitice și numerice obținute vor fi validate experimental în următoarea etapă de implementare a proiectului. Pentru aceasta, pe baza dimensiunilor geometrice considerate la analiza teoretică și numerică s-au fabricat micromembranele din aur necesare testelor experimentale.

Rezultatele din această etapă au fost prezentate la 5 conferințe internaționale iar două articole se află în revizuire la un jurnal ISI. Echipa de cercetare a participat, prin elaborarea unui capitol, și la realizarea unei cărți în domeniul MEMS care va apărea în anul 2017 (conform listei de lucrări).