

Proiect 1 - Efecte piezorezistive în filme carbonice nanocristaline și aplicații în senzori de tensiune mecanică (PIEZOCARB)

Etapa II-1: Procese și optimizări în vederea obținerii de straturi subțiri GNC și AGC pe substrat flexibil. Proiectare și realizare de structuri-test pentru sensibilitate tensometrică piezorezistivă.

Pentru obținerea filmelor subțiri de GNC pe substrat flexibil s-au optimizat procesele de transfer al filmelor de GNC de pe Si/SiO₂ pe un strat de polidimetilsiloxan (PDMS). Metoda dezvoltată în etapa anterioară s-a dovedit a avea reproductibilitate scăzută, datorită aderenței slabe a filmului de GNC la PDMS. Pentru procesul de transfer a fost conceput și testat un nou protocol, după cum urmează:

- creșterea filmului carbonic de GNC pe substrat de Si/SiO₂;
- tratamentul suprafeței GNC în plasmă de oxigen;
- turnarea PDMS-ului peste filmul de GNC folosind o matriță de formare;
- desicarea și întărirea PDMS-ului;
- îndepărtarea substratului de Si/SiO₂ în plasmă pentru eliberarea structurii flexibile GNC/PDMS.

După corodarea completă și desprinderea stratului de PDMS/GNC, acesta a fost tăiat în fâșii de diferite lățimi pentru a permite caracterizarea mecano-electrică. În figura 1 sunt prezentate benzi fabricate din PDMS cu GNC transferat.

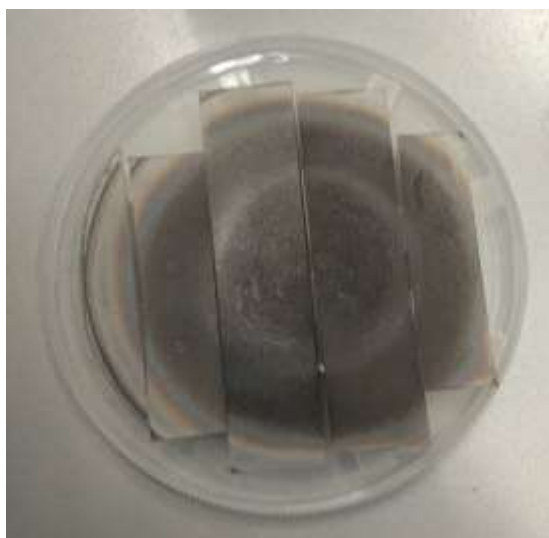


Fig. 1: Benzi de PDMS cu GNC transferat. Zona exterioră a filmului de GNC a fost afectată de plasma pentru corodarea oxidului. Pentru caracterizări mecano-electrice au fost contactate numai zonele unde se regăsește GNC intact.

Contactarea filmului de GNC s-a făcut cu ajutorul a două folii de cupru pe care au fost lipite fire conductoare. Foliile de Cu au fost contactate mecanic cu ajutorul unor cleme și un mulaj din PLA printat 3D. În Figura 2 este prezentat dispozitivul experimental pentru determinarea proprietăților piezorezistive ale filmului de GNC.

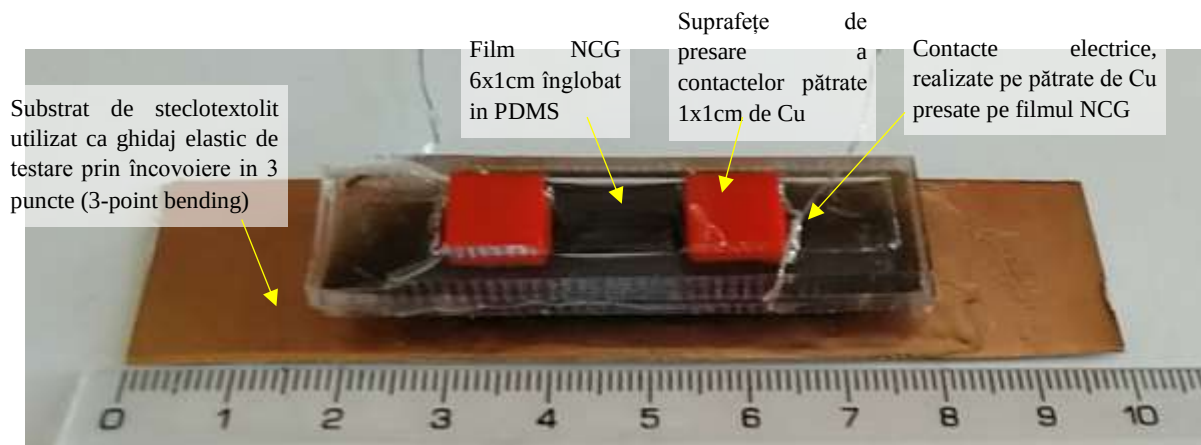


Fig. 2: Marca test din PDMS/GNC după încapsulare. GNC a fost transferat pe substratul flexibil de PDMS apoi a fost încapsulat complet în PDMS prin turnare într-o matriță. Contactarea electrică s-a făcut prin atașarea mecanică a unor fire de cupru.

În figura 3 sunt prezentate măsurătorile realizate, care confirmă posibilitatea obținerii unei sensibilități piezorezistive GF de valori foarte bune (50-250).

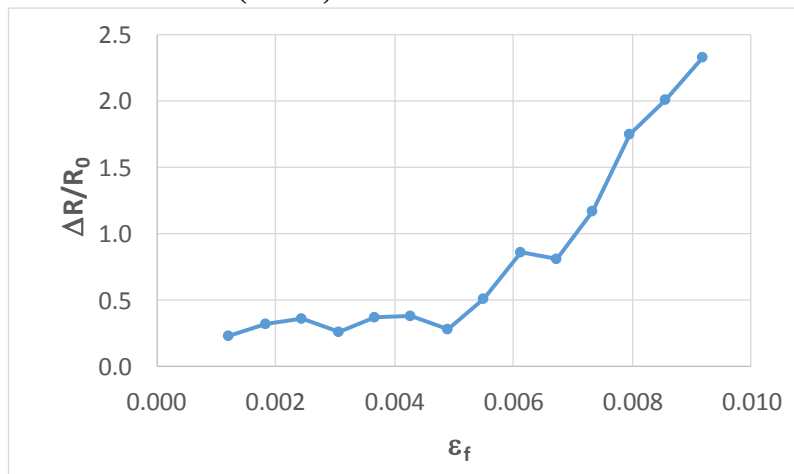


Fig. 3: Evoluția piezorezistenței relative $\Delta R/R_0$ cu deformarea (elongația) relativă ϵ_f (ținând cont și de histerezisul temporal).

Pentru modelarea senzorilor tensiometrici piezorezistivi s-a folosit folosind metoda corelării digitale a imaginilor (DIC – Digital Image Correlation). Metoda folosită este non-contact (este o metodă optică) și oferă posibilitatea vizualizării deformărilor obiectului supus unor forțe exterioare. Metoda presupune achiziționarea a cel puțin două imagini (prima imagine fiind referința) ale suprafeței obiectului de caracterizat și prelucrarea digitală folosind un software dedicat. Este important ca suprafața obiectului să prezinte un anumit pattern, care poate fi natural (rugozitatea suprafeței de exemplu) sau realizat prin diverse mijloace. De obicei se utilizează o vopsea de tip spray care se pulverizează ușor pe suprafață fără a crea un strat continuu. Ca software de prelucrare am utilizat Ncorr, un program open-source scris în MatLab, dezvoltat la Georgia Institute of Technology, USA. În experimentul nostru am setat echipamentul de încercare la o întindere de 200 μm , distanța inițială (L) dintre bacurile de prindere a probei fiind de 32.5 mm. Așa cum se observă în Figura 4, banda de PDMS este puternic deformată la capete din cauza strângerii. În urma acestui test am obținut ca rezultat hărțile deplasărilor (u și v) și ale deformărilor (ϵ_{xx} și ϵ_{yy}) probei de PDMS (Figurile 5-8).



Fig. 4: Proba de PDMS fixată între bacurile mașinii de încercare la întindere



Fig. 5: Harta deplasărilor măsurate pe direcția întinderii (u)

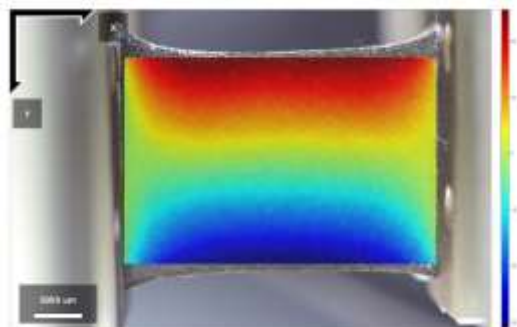


Fig. 6: Harta deplasărilor măsurate perpendicular pe direcția întinderii (v)

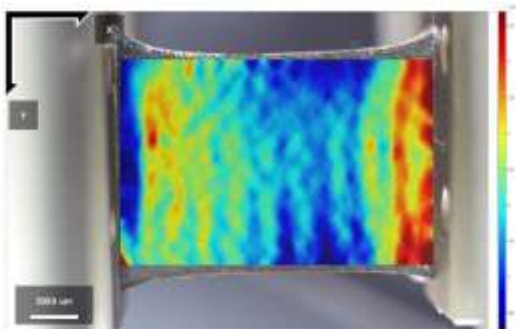


Fig. 7: Harta componentei ϵ_{xx} a tensorului deformărilor

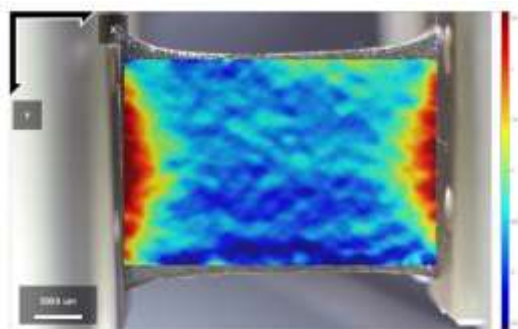


Fig. 8: Harta componentei ϵ_{yy} a tensorului deformărilor