

## **Ctr. PED 315/2020 “Senzori cu valva de spin avansați pentru aplicații de măsurători de precizie non-contact ale curenților DC/AC”**

### **Etapa 1**

Concept de cip complex cu doi senzori valva de spin (SV) si strip de curent in forma de U.  
Layout design al mastior pentru cipul complex cu doi senzori spintronici si stripul de curent.  
Simulari micromagnetice ale structurilor spintronice. Studiu de nano-tehnologie pentru procesarea cipurilor cu dimensiuni micrometrice.

In cadrul Etapei 1 s-a realizat un studiu privind " conceptul de cip complex cu doi senzori valva de spin (SV) si strip de curent in forma de U." Studiul a evidentiat structurile optime ce poate fi utilizate în implementarea pe un singur cip a mai multor tipuri de senzori adaptabili ca sensibilitate, linearitate și funcționalitate.

Utilizarea unor straturi antiferomagnetice din FeMn sau IrMn cuplate direct cu stratul de Permalloy prin interacție de schimb (exchange bias) poate asigura fixarea orientării momentelor magnetice din stratul de Permalloy după o direcție ce poate fi stabilită în timpul depunerii.

Sunt prezentate simulările micromagnetice ale structurilor spintronice. Simulările au fost efectuate cu Llg Micromagnetics v4 Simulator. In Fig. 5 prezentăm dependențele simulate ale semnalului PHE pentru 3 structuri polarizate prin interacție de schimb.

În structurile reale, efectele AMR și PHE pot fi afectate de histerezis întrucât straturile de Permalloy nu sunt monodomeniale chiar și în ipoteza unei anizotropii uniaxiale ridicate acest lucru se observă comparând starea finală cu cea inițială pentru un strat de Permalloy  $1000 \times 500 \times 10 \text{ nm}^3$ . A fost efectuată o analiză cu cu programul LabView pentru două tipuri diferite de structuri și un număr de 7 trasee.

Sunt prezentate structuri generale ale cip-ului cu senzorii PHE polarizați prin interacție de schimb și traseul conductor.

In studiul de nano-tehnologie pentru procesarea chipurilor cu dimensiuni micrometrice s-a realizat „Layout design” al mastior pentru chipul complex cu doi senzori spintronici si stripul de curent.

S-a studiat procesarea structurilor in scopul fabricarii senzorilor. S-au proiectat măștile pentru expunere. Pentru execuția desenelor de măști s-a utilizat pachetul software Elcam 1.1.

Rezultatele studiilor si experimentarilor noastre au fost diseminate printr-un articol tip ”Review” in recenzie la: Sensors and Actuators: A. Physical: “*Current trends in planar Hall effect sensors: evolution, optimization and applications*”, autori: Amir Elzwawy, Hasan Pişkin, Numan Akdoğan, Marius Volmer, Guenter Reiss, Luca Marnitz, Anastasiia Moskaltsova, Ogan Gurel, and Jan-Michael Schmalhorst.

Obiectivele Etapei Nr. 1 au fost realizate integral.

## Etapa 2

Microfabricatia cip-ului complex cu senzori SV integrati si strip de curent. Experimentari pentru nanotehnologia straturilor subtiri, caracterizari microstructurale si realizarea structurilor. Simulari micro-magnetice pentru cip si stack de filme Determinari magnetice si electrice privind structurile valva senzorilor de curent. Articol ISI/ comunicare la Conferinte nationale& internationale

În cadrul Etapei a 2 -a s-a realizat un studiu privind principalele efecte Magneto-Rezistive (AMR, Efectul Hall Planar, SV, GMR) ce se utilizează la construcția de senzorilor magnetici cu multistaturi nanometrice. Pornind de la necesitatea definirii unor structuri magnetorezistive adaptate detecției câmpului magnetic produs de curenți electrici în condițiile mimizării efectelor datorate variațiilor de temperatură s-au realizat doua tipuri de layout pentru cip-uri cu senzori magnetici ce vor fi utilizate pentru detecția curentului. Cipurile au fost analizate și pe cale micromagnetică și au fost evidențiate proprietățile caracteristice fiecărui model. Simulările au fost efectuate cu Llg Micromagnetics v4 Simulator. A fost stabilită și orientarea câmpului de polarizare prin interacție de schimb pentru a putea asigura o funcționare optimă. Testele experimentale ce se vor efectua în etapa a 3-a vor evidenția comportările și sensibilitățile celor două cipuri.

S-au efectuat experimentari pentru nanotehnologia straturilor subtiri si realizarea structurilor de senzori. Depunerea în vid înalt a straturilor subtiri componente ale structurilor de senzori s-a realizat folosind Equipment UHV Magnetron Sputtering ATC2200 AJA INT (USA) cu moduri de lucru RF si DC SPUTTERING. S-au depus multistraturi metalice pe substrat de siliciu monocristalin de 3", prin metoda DC sputtering utilizând 3 tunuri-magnetron, în același ciclu de vid. Multistraturile depuse de tipul: Ta (3nm)/Py (10nm)/FeMn (10nm)/Ta (3nm).

Senzorii obținuți cu Măștile 1& 2 sunt prezentați în figurile 15. Se remarcă obținerea în parametri geometrici a structurilor, clar delimitate, cu elementele de aliniere vizibile, cu zonă pentru debitarea structurilor independente.

A fost dezvoltat un sistem cu sensibilitate foarte bună pentru măsurarea de curenți printr-o metodă fără contact ce este optimizată pentru detecția la câmpuri scăzute. Sistemul este proiectat să măsoare curenți între 2-300 mA. Pentru câmpuri de polarizare între 4-8 Oe cu o limită de detecție de 100  $\mu$ A în DC și 100-300  $\mu$ A în AC de la 10 Hz până 50 kHz. Un câmp de polarizare a fost aplicat folosind două bobine circulare într-o configurație cvasi-Helmholtz pentru liniarizarea răspunsului sistemului și pentru a permite diferite moduri de funcționare. Rezultatele au fost obținute fără ecranare electromagnetică iar consumul de energie al sistemului este relativ redus (fiecare senzor consumă 3.2 mW), bobinele de polarizare consumă ~251.7 mW pentru un câmp de polarizare de 8 Oe, fiecare amplificator INA118 au un curent de standby de doar 350  $\mu$ A și amplificatorul EI1040 are de asemenea un consum energetic redus.

Noutatea implementării constă în utilizarea unei bobine planare multi-traseu ce crește câmpul magnetic util prezent în zona senzorilor. De asemenea, senzorii funcționează într-un sistem dublu diferențial precum cel din [3, 4]. Această abordare nu a fost raportată în alte lucrări.

Diseminarea activităților:

Articol ISI

1. Mușuroi, C., Oproiu, M., Volmer, M., Neamtu, J., Avram, M., & Helerea, E. (2021). Low Field Optimization of a Non-Contacting High-Sensitivity GMR-Based DC/AC Current Sensor. *Sensors*, 21(7), 2564, <https://doi.org/10.3390/s21072564>

Articol indexat IEEE (BDI)

1. Oproiu, M., Neagu, A., Cotfas, P. A., Cotfas, D. T., Mușuroi, C., & Volmer, M. (2021, September). LoRa Wide-Area Network and Live Objects Used in Renewable Energy Monitoring. In 2021 International Aegean Conference on Electrical Machines and Power Electronics (ACEMP) & 2021 International Conference on Optimization of Electrical and Electronic Equipment (OPTIM) (pp. 505-512). IEEE, <https://doi.org/10.1109/OPTIM-ACEMP50812.2021.9590023>

Obiectivele Etapei a 2-a au fost realizate integral.