

Rezumat pentru raport anual Program Nucleu (maxim 2 pagini format A4, Times New Roman 12, la un rand)

**Titlu Faza:** Nanostructuri hibride supraconductor-feromagnet

**Obiective:**

Fabricarea de materiale supraconductoare nanostructurate hibride de tipul supraconductor-feromagnet. Arhitecturile posibile care vor fi abordate: straturi/materiale supraconductoare cu nano-incluziuni de material feromagnetic; nanostructuri multistrat sau quasi-multistrat (strat incomplet de feromagnet); si straturi supraconductoare „decorate” cu insule nanometrice si/sau (sub)micronice de diverse forme si dimensiuni;

**Rezultate estimate initial:**

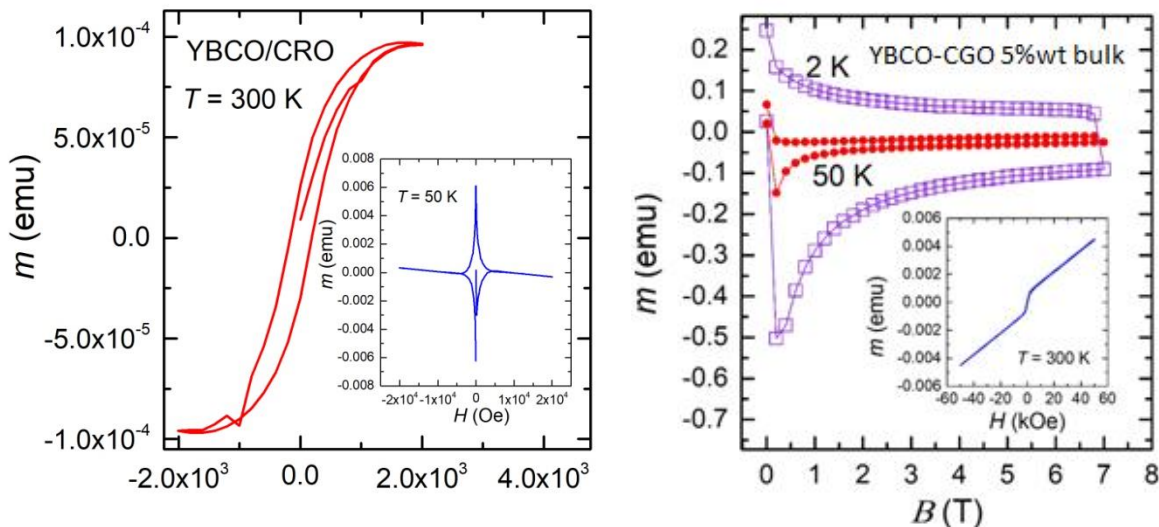
1. Evaluarea eficientei nanoparticulelor si/sau nanostraturilor feromagnetice ca centri pinning
2. Identificarea influentei spinilor asupra condensatului si asupra vortexurilor;

**Rezultate obtinute (scurta descriere a celor mai importante rezultate, cu 1-2 imagini/grafice de impact care sustin rezultatele):** Pentru atingerea obiectivelor, au fost efectuate urmatoarele activitati:

**A1. Studiul proprietatilor magnetice ale heterostructurilor supraconductor/feromagnet de tipul  $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ (YBCO)/ $CaRuO_3$ (CRO) depuse prin PLD.** Avand la baza rezultatele obtinute in [1,2], au fost fabricate pentru prima data heterostructuri supraconductor-feromagnet de tipul YBCO/CRO depuse pe  $SrTiO_3$  (STO). Prezenta picurilor (0,0,1) din difractogramele XRD arata ca straturile au crescut epitaxial, filmul de CRO prezentand feromagnetism soft (Fig. 1a) ca urmare a tensiunilor induse de stratul supraconductor de YBCO pe care a fost depus. Din cauza efectelor de proximitate electromagnetica campul magnetic patrunde in stratul supraconductor pe lungimi ce pot depasi 100 nm [3], acest efect reflectandu-se in scaderea temperaturii de tranzitie  $T_c$  a fazei supraconductoare, dupa cum se poate deduce din curba  $m(H,50K)$  din inset-ul figurii Fig.1a.  $CaRuO_3$  s-a dovedit a fi un material compatibil cu YBCO pentru realizarea heterostructurilor supraconductor-feromagnet de tipul YBCO/CRO si poate fi folosit pentru fabricarea valvelor de spin supraconductoare folosite pentru memorii magnetice de ultima generatie ce pot fi cuplate in mod natural cu procesoarele cuantice.

**A2. Influenta nanocentrilor de pinning magnetici asupra proprietatilor supraconductoare ale materialelor ceramice nanocomposite de YBCO obtinute prin sinterizare clasica si a filmelor subtiri de YBCO obtinute prin PLD.** Studiul unui supraconductor nanocompozit (SN) pe baza de dopant ce prezinta efectul Spin Peierls [4] este, in opinia noastra, singurul mod de a pune in evidenta influenta spinilor asupra vortexurilor masurand proprietatile supraconductoare ( $J_c$ , relaxarea magnetizarii) in jurul temperaturii de tranzitie Spin Peierls ( $T_{SP}$ ). In acest scop au fost fabricate o serie de materiale supraconductoare nanocompozite sub forma de bulk si filme subtiri folosind YBCO si  $CuGeO_3$  (CGO). Ca urmare a reactiilor chimice dintre cei doi compusi,  $CuGeO_3$  s-a descompus, rezultatele obtinute nefiind cele asteptate dar au fost obtinute informatii noi care vor contribui la cunostintele fundamentale in domeniu. De exemplu, in proba bulk de YBCO+ 5%wt  $CuGeO_3$  au rezultat faze feromagnetice si paramagnetice (Fig.1 (b) , figura din inset) segregate la zona dintre graunti, ce au dus la scaderea curentului critic  $J_c$ . Pe de alta parte, in filmele nanocomposite de YBCO + 2%wt  $CuGeO_3$  obtinute prin ablatie laser au fost obtinute unele rezultate noi: i) au fost obtinuti centri de fixare cu morfologie sferica (100 nm) diferiti compozitional si distribuiti uniform fapt ce a permis cresterea epitaxiala a filmului fara ca sa se modifice  $T_c$ , in timp ce  $J_c$  a crescut de aproximativ doua ori in domeniul temperaturilor mai mici

de 30 K. **ii)** A fost pus in evidenta pentru prima data efectul “*Giant Paramagnetic Meissner Effect*” in filme subtiri nanocompozite, in contradictie cu teoriile actuale care presupun aparitia acestui efect numai in probe masive. In plus, studiind relaxarea magnetizarii, a fost observata o temperatura de crossover peste care momentul magnetic creste in timp. Aceste rezultate noi vor fi diseminate intr-un articol stiintific ce va fi publicat intr-o revista cotata ISI din zona rosie.



**Fig.1(a)** Curbe  $m(H)$  la  $T = 300$  K si  $T = 50$  K (in inset) pentru heterostructura de tipul YBCO/CRO. **(b)** Curbe  $m(B)$  la  $T = 2$  K si  $50$  K pentru o proba bulk de YBCO dopata cu 5%wt CGO. In graficul  $m(H, 300K)$  din inset se observa prezenta impuritatilor feromagnetice si paramagnetice.

**Referinte:** [1] Maiti, K. Phys. Rev. B 73, 235110 (2006) [2] Shivendra Tripathi, et al Scientific Reports 4 3877 (2014) [3] M. G. Flokstra et al. Phys. Lett. 115, 072602 (2019) [4] I. Ion, et al Journal of Superconductivity and Novel Magnetism 29 pp 775–780 (2016)

### Concluzii si perspective:

In concluzie au fost obtinute unele rezultate noi cu impact semnificativ in cercetarea fundamentala:

**a)** A fost pus in evidenta pentru prima data efectul “*Giant Paramagnetic Meissner Effect*” in filme subtiri nanocompozite de YBCO, in contradictie cu teoriile actuale.

**b)** S-a observat ca centrul de fixare magnetici (fero si para) nu au o contributie benefica in probe ceramice de YBCO intrucat sunt segregati la limita dintre graunti impiedicand astfel cresterea lor.

**c)** A fost folosit pentru prima data  $\text{CaRuO}_3$  pentru fabricarea heterostructurilor supraconductor-feromagnet de tipul  $\text{Y}_1\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}(300\text{nm})/\text{CaRuO}_3(50\text{nm})$ . Rezultatele sunt reproductibile si pot fi folosite in diferite aplicatii bazate pe super-electronica.

**Perspective:** **i)** se va incerca inducerea de pinning prin cuplaj magnetic in filme supraconductoare de  $\text{Y}_1\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$  acoperite cu  $\text{CaRuO}_3$  prin adaugarea unui strat intermediar izolator de stopare a efectelor de proximitate la interfata supraconductor-feromagnet. **ii)** vor fi fabricate valve de spin de tipul  $\text{CaRuO}_3/\text{Y}_1\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}/\text{CaRuO}_3$  bazate pe raspunsul magnetorezistiv al stratului supraconductor cu aplicatii in fabricarea memoriilor magnetice care pot fi cuplate usor cu procesoarele cuantice, domeniu de mare interes la ora actuala.

