

Raport științific
privind implementarea proiectului

cu titlul: „Molecule comutabile folosite în nanoelectronică și spintronică - SwitchElec.”

Nr. Contract: 9RO-FR/01.02.2013

Perioada: Ianuarie-Decembrie 2015

Coordonatori: conf. univ. dr. Aurelian ROTARU (USV)

dr. Azzedine BOUSSEKSOU (LCC)

Introducere

Acest proiect are ca obiectiv principal investigarea transportului de sarcină în sistemele moleculare cu tranziție de spin cu dimensiuni nanometrice. Pe baza complementarității celor două grupuri de cercetare (**Partener 1** – LCC, CNRS-Toulouse și **Partener 2** - Universitatea „Ștefan cel Mare” din Suceava), ne propunem realizarea unei analize profunde a dependenței proprietăților electrice în funcție de starea de spin a sistemelor moleculare cu tranziție de spin, la diferite nivele ale dimensiunii acestora. În acest scop, vom folosi cele mai noi tehnici ale nanotehnologiei pentru a integra, într-o manieră controlată, diferite nanoparticule cu tranziție de spin în dispozitive nanoelectronice, cu scopul de a explora proprietățile electrice, plecând de la scară macroscopică spre dimensiuni nanometrice. Principalele obiective prevăzute în cadrul acestui proiect constau în: (i) studiul transportului de sarcină atât în sisteme de particule, cât și prin particule unice; (ii) studiul proprietăților electrice în regim dinamic, pentru o mai bună înțelegere a mecanismului de transport, (iii) studiul efectului aplicării unei perturbații externe (temperatură, lumină, câmp electric, câmp magnetic sau presiune) asupra mecanismului de transport.

Gradul de acoperire a obiectivelor

Pe parcursul acestui an, ne-am propus investigarea proprietăților electrice în regim dinamic a sistemelor cu tranziție de spin (în stare pură sau diluate cu centri metalici pasivi), a efectului aplicării unei perturbații externe, în plus față de temperatură, cum ar fi : câmpul electric sau lumină, asupra sistemelor de particule cu tranziție de spin. De asemenea, a fost efectuată o analiză detaliată asupra stabilității dispozitivelor electronice elaborate pe bază de nanoparticule cu tranziție de spin.

De la începerea proiectului, obiectivele propuse au fost realizate în proporție de 90%, fiind în grafic cu toate activitățile prevăzute.

1. Modificarea stării de spin prin aplicarea unui câmp electric – studiu teoretic.

Până în prezent modificarea stării de spin a fost efectuată prin aplicarea unor perturbații externe, precum temperatura, presiunea, iradiere electromagnetică sau câmp magnetic. Totuși, pentru folosirea acestui tip de materiale ca materiale active în dispozitive electronice sau spintronice cu viteze înalte de reacție este necesar folosirea altor mărimi de control, care să permită timpi de detecție mici și să nu fie afectați de efecte cinetice. În acest sens, una din prioritățile noastre în cadrul acestui proiect a fost analiza posibilității modificării stării de spin prin aplicarea unui câmp electric.

Comutarea dispozitivelor fabricate a fost realizată unidirecțional din starea HS în starea LS folosind un câmp electric de aproximativ 40 kV/cm în interiorul ciclului de histeresis, aproape de temperatura de tranziție a compusului (figura 1).

Astfel, am demonstrat, pentru PRIMA DATĂ, posibilitatea modificării stării de spin, în sisteme moleculare cu dimensiuni micrometrice, prin aplicarea unui câmp electric. Din analiza intensității curentului electric, înainte și după comutare, se observă o comutare incompletă, modificarea stării de spin fiind indusă doar în aprox. 10% din moleculele supuse câmpului electric.

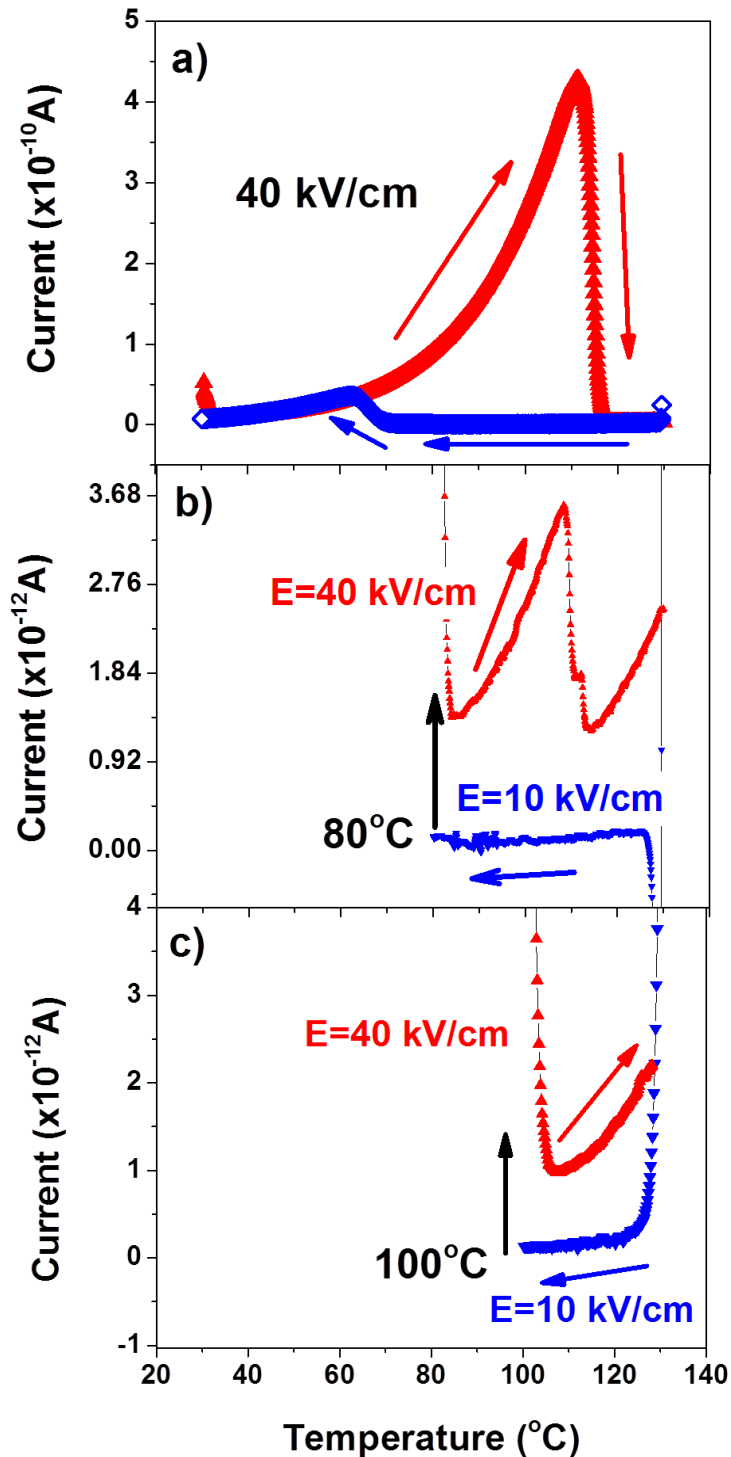


Figura 1. Dependența termică a conductivității electrice măsurată pe un set de electrozi interdigitali interconectați prin micro-particule cu tranziție de spin. a) ciclul de histerzis complet, măsurat între 30 și 130 °C sub influența unui câmp electric de 40 kVcm⁻¹. b-c) cicluri termice incomplete: ramura obținută prin răcirea dispozitivului de la 130 la 80 °C (b) sau până la 100 °C (c) sub influența unui câmp electric de 10 kVcm⁻¹ urmate de încălzirea dispozitivului înapoi la 130 °C, după aplicarea unui puls electric de 40 kV/cm

Din analiza caracteristicilor I-V înregistrate la diferite temperaturi s-a putut pune în evidență caracterul dinamic al efectului aplicării unui câmp electric asupra unui sistem molecular cu tranziție de spin (vezi figura 2). Astfel am reușit să punem în evidență ciclul termic dinamic (extras din caracteristicile I-V) este deplasat spre temperaturi mai mari în raport cu ciclul de histerzis înregistrat sub influența unui câmp electric constant de 40 kV/cm.

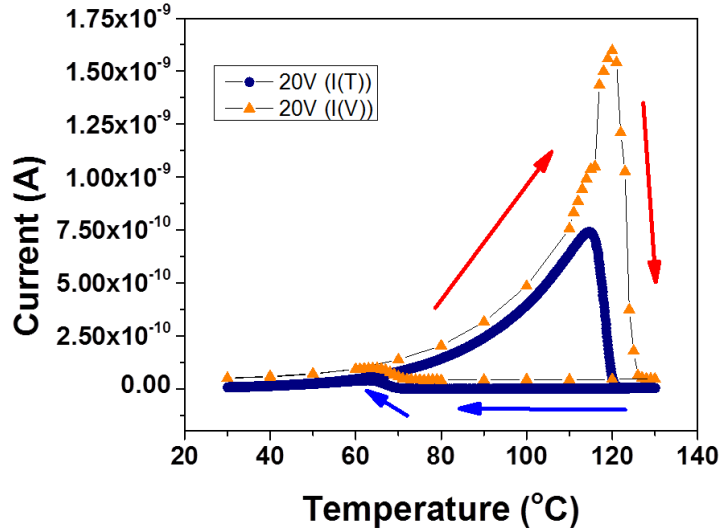


Figura 2. Comparație între ciclul termic înregistrat la tensiunea constantă de 20 V și ciclul termic construit din caracteristicile I-V.

Pentru a reproduce calitativ efectul câmpului electric asupra proprietăților termodinamice cvasidynamice ale materialelor cu tranziție de spin, am efectuat o analiză teoretică în baza unui model de tip Ising, în care s-a introdus și efectul câmpului electric. Astfel, energia de interacțiune dintre câmpul electric macroscopic \vec{E} și momentul dipolar \vec{P} al complexului molecular este adăugată Hamiltonianului sistemului după cum urmează:

$$H = -J \sum_{\langle i,j \rangle} \sigma_i \sigma_j + \left[\frac{\Delta}{2} - k_B T \ln \left(\frac{g_{HS}}{g_{LS}} \right) \right] \sum_{i=1}^N \sigma_i + H_{elec} \quad , \quad (1)$$

unde:

$$\langle H_{elec} \rangle (\{ \sigma \}) = - \frac{P_{HS}^2 - P_{LS}^2}{6k_B T} E^2 \sum_{i=1}^N \sigma_i \quad . \quad (2)$$

unde: k_B este constanta lui Boltzmann, Δ (2450 K) reprezintă diferența în energie dintre cele două seturi de orbital 3d ai ionului metalic, J (525 K) este un parametru fenomenologic care descrie cooperativitatea sistemului, cunoscut sub numele de parametru de interacțiune, g_{HS}/g_{LS} (750) este raportul degenerescențelor celor două stări electronice; H_{elec} reprezintă valoarea medie a câmpului electric aplicat, iar σ este un spin fictiv ce are ca valorile proprii: +1 pentru starea HS, respective -1 pentru starea LS. Interacțiunea dintre câmpul electric și momentul dipolar va afecta intensitatea câmpului de ligand ale molecule cu tranziție de spin datorită dependenței momentului dipolar funcție de starea de spin. Aceasta va avea ca efect deplasarea temperaturilor de tranziție a cărei expresie analitică poate fi obținută folosind aproximația lui Langevin în limita temperaturilor înalte (ecuația 3).

$$T_{eq}(E) \approx T_{eq}(E=0) - \frac{P_{HS}^2 - P_{LS}^2}{6k_B^2 \Delta} E^2 \quad (3)$$

Momentul dipolar electric a celor două stări electronice $p_\alpha \sim 3\epsilon_0(\epsilon_\alpha^r - 1)k_B T / N_A$ ($\alpha = HS, LS$), poate fi aproximat din valorile tipice ale permitivităților relative ale celor două stări de spin: $\epsilon_{HS}^r = 1$ and $\epsilon_{LS}^r = 5$ of the two spin states [A. Bousseksou, G. Molnár, P. Demont, J. Menegotto, *J. Mater. Chem.* 2003, 13, 2069]. În figura 3 este reprezentat efectul aplicării unui câmp electric $E = 40$ kV/cm, asupra temperaturilor de tranziție, obținându-se o deplasare a acestor către temperaturi mai înalte de ca. $\Delta T = 10.7$ K. În alte cuvinte câmpul electric stabilizează domeniile de spin LS, în bună concordanță cu rezultatele experimentale.

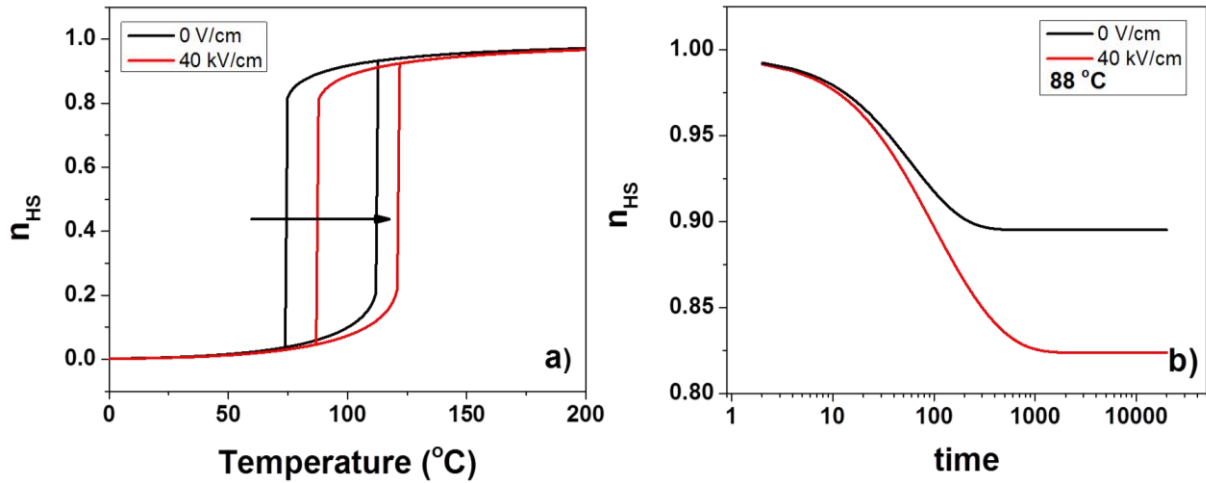


Figura 3. (a) Dependența fracției HS funcție de temperatură, simulată în absența și prezența unui câmp electric. (b) Reprezentarea logaritmică a evoluției temporale a fracției HS în prezența și absența câmpului electric ($E=40 \text{ kV/cm}$) simulate la $88 \text{ }^\circ\text{C}$ (pe ramura obținută în mod răcire).

Figura 4a explică de asemenea de ce procesul de comutare indus de aplicarea câmpului electric este unidirecțională. Dacă câmpul electric ar fi fost aplicat pe ramura obținută în mod încălzire (ramura ascendentă), când sistemul se află în starea LS, prin deplasarea ciclului de histererezis spre temperaturi mai înalte, sistemul ar rămâne tot în starea LS.

Cu privire la aspectele dinamice ale tranziției de spin, la aplicarea unui câmp electric, modelul dinamic modificat de tip Ising arată că dacă pornim de la configurație formată doar din domenii HS, aplicarea câmpului electric în interiorul ciclului de histererezis va conduce la o scădere ușoară a fracției HS (ca. 8.5 %) ce corespunde unei conversii parțiale a moleculelor în starea LS (figura 4b). Acest rezultat este o consecință directă a barierelor de energie importante, dintre cele două stări de spin, în interiorul regiunii histeretice.

În urma acestui studiu am arătat posibilitatea de a induce procesul de comutare a stării electronice a unui complex molecular cu tranziție de spin, de dimensiuni microscopice, prin aplicarea unui câmp electric. Comutarea unidirecțională dintr-o stare metastabilă HS într-o stare stabilă LS a fost obținută prin aplicarea unui impuls electric, de tip treaptă, în interiorul ciclului de histererezis. Aspectele teoretice ne-au permis să reproducem calitativ rezultatele obținute experimental.

2. Comutarea stării de spin în joncțiuni tunel moleculare.

Rezultatele anterioare efectuate la scări nano- și micrometrică pe particule unice sau molecule unice nu sunt concludente datorită faptului că proprietățile unei singure particule sau molecule se comportă diferit față de materialul care este utilizat pentru a caracteriza fenomenul tranziției de spin. În cadrul acestui proiect ne-am propus să adoptăm o nouă abordare, în raport cu ceea ce s-a raportat până în prezent în literatura de specialitate, prin efectuarea unor experimente ale transportului de sarcină pe dispozitive nanoelectronice, caracterizate de o suprafață activă mare (de ordinul mm^2), cu diferite grosimi pentru a pune în evidență diferite mecanisme de transport. În scopul obținerii acestor dispozitive avem nevoie de un film subțire omogen pe o suprafață mare. Dificultatea tehnică a acestei abordări o reprezintă stabilitatea termică scăzută a materialelor cu tranziție de spin. În scopul obținerii unor filme subțiri omogene și, de asemenea pentru a putea controla grosimea stratului am utilizat tehnica depunerii în vid. Dispozitivele analizate au fost elaborate de către Partenerul francez.

2.1 Caracterizarea dispozitivului

Pentru a avea o imagine completă a proprietăților dispozitivului creat, am analizat proprietățile magnetice, optice și structurale ale compusului cu tranziție de spin atât sub formă de pulbere, sub formă de film subțire, precum și a dispozitivului în configurație finală (filmul depus între cei doi electrozi metalici).

Dependența susceptibilității magnetice de temperatură s-a obținut atât la răcire cât și la încălzire, cu o viteză de 4 K/min sub acțiunea unui câmp magnetic de 0,1T, folosind un magnetometru MPMS Quantum Design. Datele experimentale au fost corectate de contribuția diamagnetică folosind constantele lui Pascal. Măsurătorile de reflectivitate optică au fost înregistrate cu un microscop optic echipat cu o cameră cu senzor CMOS, folosindu-se o viteză de schimbare a temperaturii de 2K/min. Figura 4.1 arată dependența susceptibilității magnetice de temperatură și de reflectanța optică a complexului $[Fe(H_2B(pz)_2)_2(phen)]$ sub formă de pudră. Ambele măsurători arată o tranziție clară și bruscă, fără buclă de histeresis centrată în jurul temperaturii de 165K.

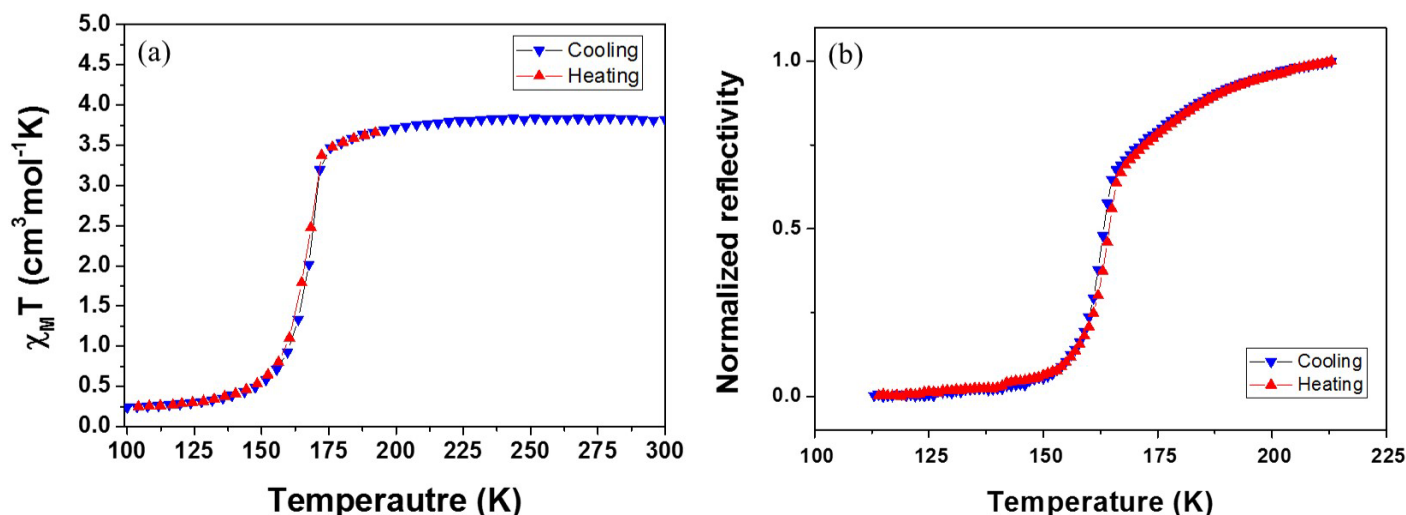


Figura 4. Dependența termică a susceptibilității magnetice (a) și a reflectivității optice (b) a complexului $[Fe(H_2B(pz)_2)_2(phen)]$ sub formă de pudră

Analiza termogravimetrică (Figura 5) prezintă o comportare stabilă a complexului în intervalul de temperatură $25^\circ\text{C} \div 200^\circ\text{C}$, fără indicarea pierderii solventului sau degradarea probei. Pornind de la temperatura de 210°C , eșantionul prezintă o pierdere în greutate bruscă, indicând o degradare graduală a complexului.

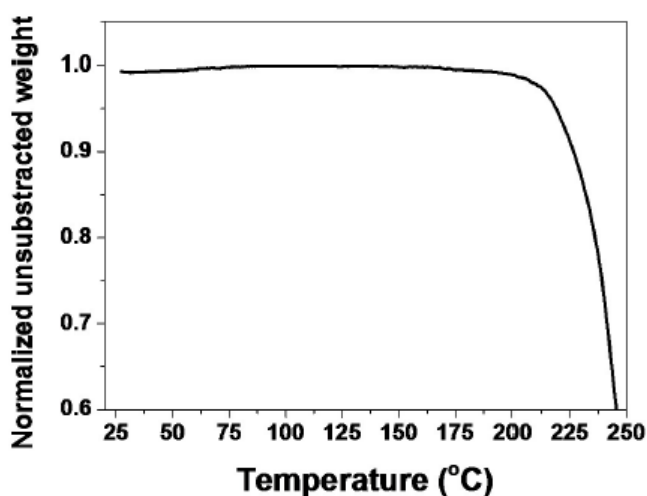


Figura 5. Analiza termogravimetrică pe $[Fe(H_2B(pz)_2)_2(phen)]$ pulbere

Schimbarea volumului cauzată de tranziția de spin într-un singur cristal a fost studiată prin difracție de raze X pe pulbere la temperatură variabilă (vezi figura 6). Variația volumului în timpul tranziției este de aproximativ 8.5% și corespunde unei schimbări de volum caracteristică unui material cu tranziție de spin.

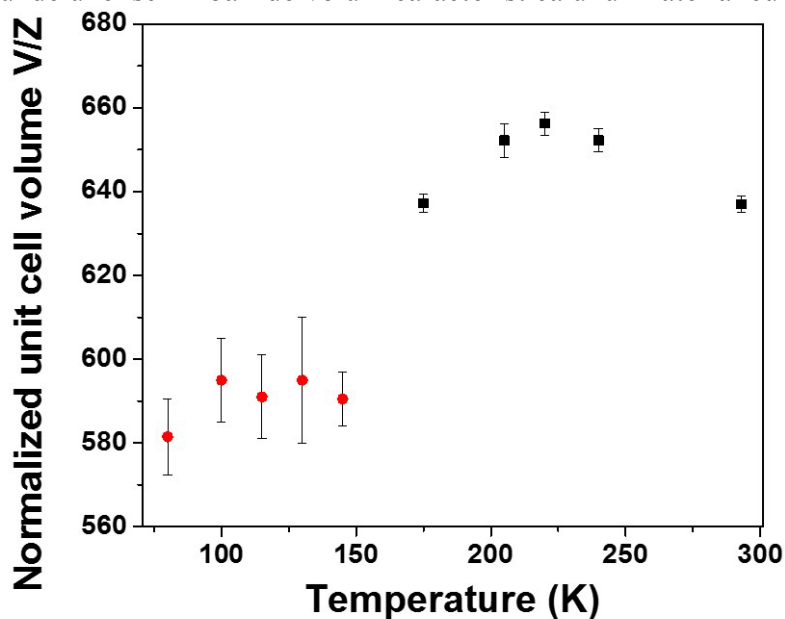


Figura 4.3: Parametrii celulei funcție de temperatură pentru un singur cristal.

Rugozitatea filmului depus a fost analizată prin microscopie cu forță atomică (AFM) pe o suprafață de $20 \times 20 \mu\text{m}^2$ în diverse regiuni, nefiind observate imperfecțiuni în regiunile investigate. Astfel, s-a observat că filmul depus prezintă o rugozitate medie de ca. 0.173 nm, lucru care indică faptul că complexul formează o peliculă subțire de calitate.

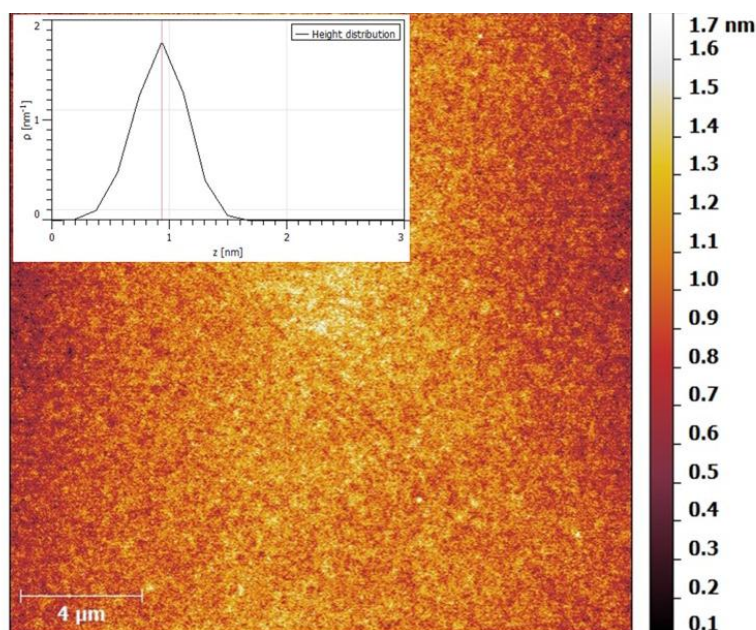


Figura 6. Micrografie AFM analizată pe o suprafață de $20 \times 20 \mu\text{m}^2$ pe filmul subțire depus. Insertul reprezintă distribuția rugozității.

Proprietățile optice ale filmului au fost investigate prin spectrofotometrie UV-Vis, folosind un spectrofotometru Cary-50 (Varian). Spectrele de absorbție au fost înregistrate între 93K și 293K în domeniul

spectral 200÷ 800 nm, folosind o celulă de temperatură Linkam. În figura Figura 7 sunt prezentate spectrele UV-Vis pentru filme subțiri de 110 nm și 60 nm. Filmul de 110 nm prezintă trei vârfuri distincte la 503 nm, 550 nm și respectiv 604 nm, care sunt caracteristice materialului. Filmul subțire de 60 nm prezintă aceleași vârfuri caracteristice, totuși, vârful obținut la 550 nm este mai puțin pronunțat. Dependența absorbției funcție de temperatură a filmelor subțiri este reprezentată la o lungime de undă fixă ($\lambda=604$ nm) și dezvăluie o tranziție centrată în jurul temperaturii de 130 K, pentru ambele filme subțiri (110 nm și 60 nm). Această schimbare de temperatură ar putea fi din cauza morfologiei diferite a eșantionului, și anume acesta fiind un film amorf subțire și nu o pudră cristalină. Cu toate acestea, cel mai important aspect este faptul că proba încă prezintă tranziție de spin și nu s-a degradat în timpul sublimării.

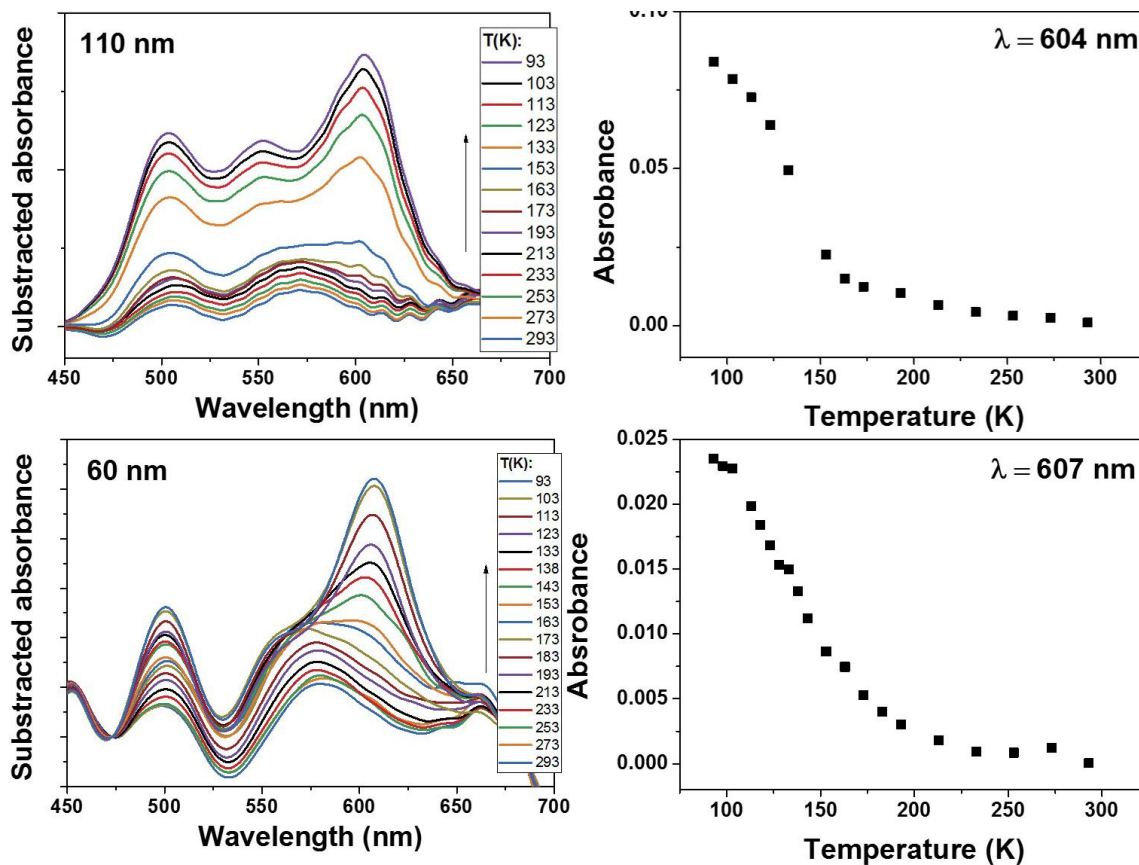


Figura 7. Spectrele UV-Vis ale filmului subțire de 110 nm înregistrate la temperaturi diferite și dependența termică a absorbției la $\lambda = 604$ nm (sus) și respectiv cele înregistrate pe filmul subțire de 60 nm înregistrate la temperaturi diferite și dependența terică a absorbției la $\lambda = 607$ nm (jos).

Mai mult, complexul depus sub formă de film subțire și-a păstrat tranziția de spin și după depunerea electrozilor de Al. Dependența termică a stratului ITO/SCO/ Al funcție de temperatură și am găsit același comportament de tranziție de spin, cu o tranziție treptată centrată la 145K. Pentru a elimina orice dubiu cu privire la orice fenomen termic, am analizat și prezența procesului de fotoexcitare la temperaturi joase (în cazul nostru proba a fost răcită la 5K) ce permite trecerea complexului din starea fundamentală LS într-o stare metastabilă HS. Acest fenomen este cunoscut sub numele de efect LIESST (Light Induced Excited Spin State Trapping). Utilizând această metodă putem proba cele două stări de spin la aceeași temperatură evitând orice efecte termice. Figura 8 prezintă spectrul reflectivității optice (a) și efectul LIESST (la

temperaturi joase), urmat de tranziția de spin indusă termic a multistratului sticlă/ITO/SCO/Al, care confirmă în mod clar că structura de tip sandwich își păstrează tranziția de spin a filmului subțire.

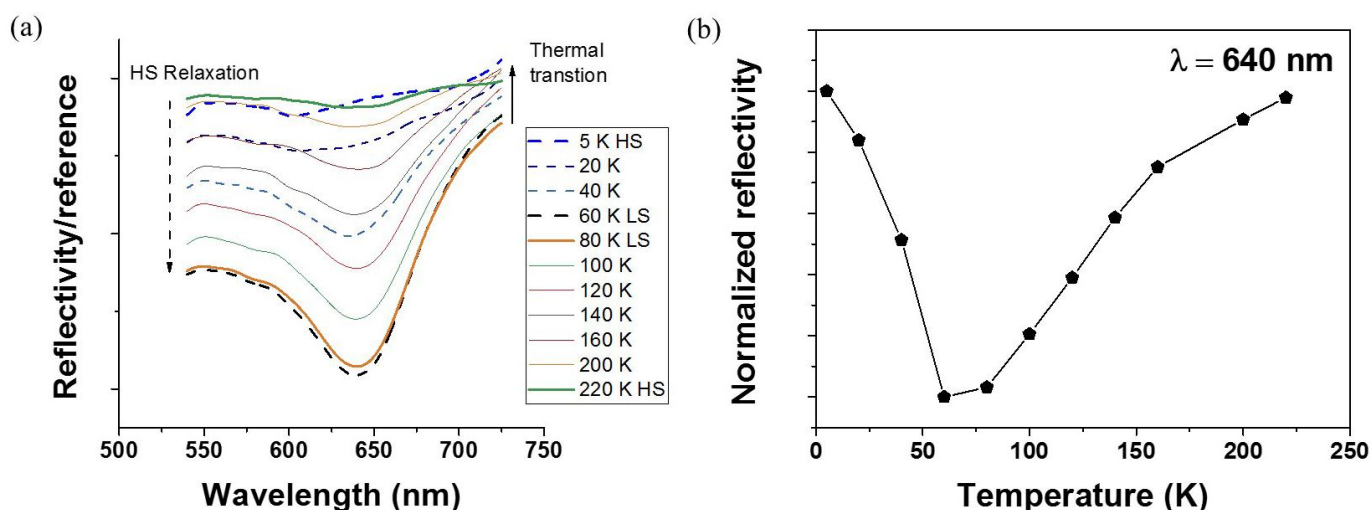


Figura 8. (a) Spectrul reflectivității înregistrate la diferite temperaturi pe structura de tip sandwich ITO/SCO/Al; (b) Efectul LIESST și tranziția de spin indusă termic măsurate prin reflectivitate optică.

2.2 Caracterizarea electrică a dispozitivelor electronice

Următorul pas în această analiză a constat în fabricarea dispozitivului electronic, compus dintr-un multistrat vertical de tip sticlă/ITO/SCO/Al așa cum este ilustrat în figura 9. Grosimea stratului "activ" al dispozitivului nanoelectronic a fost variată, obținând dispozitive cu film subțire SCO de 10 nm, 30 nm și 100 nm, așa cum este ilustrat în imaginile SEM (Figura 10).

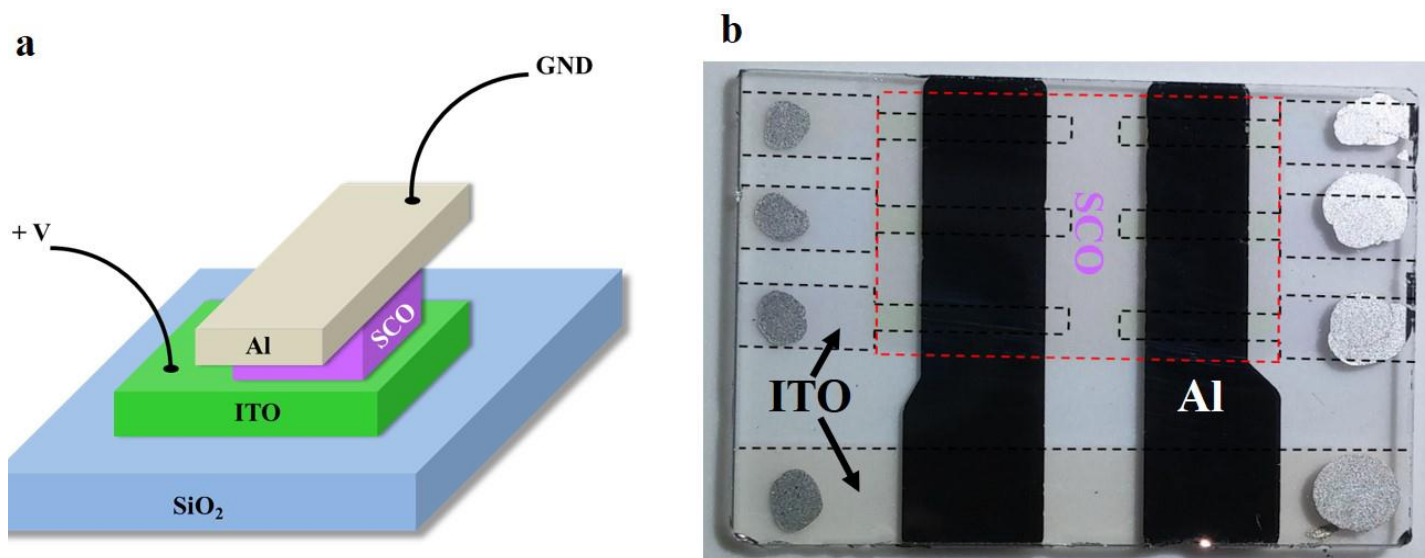


Figura 9. (a) Reprezentarea schematică a dispozitivului electronic. (b) Fotografia dispozitivului nanoelectronic fabricat.

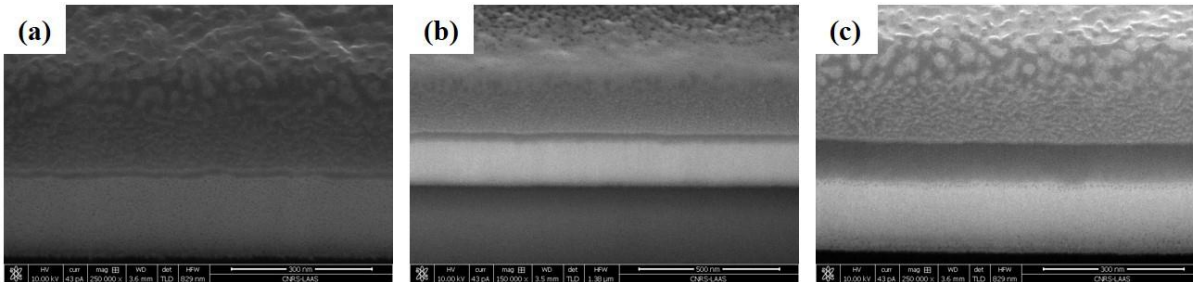


Figura 10. Imagini SEM ale dispozitivului în secțiune transversală (a) 10 nm, (b) 30 nm și (c) 100 nm.

Caracteristicile curent-tensiune au fost înregistrate la temperaturi diferite pentru dispozitivul nanoelectronic elaborat. Putem observa că în zona de temperatură de 295K variația termică a caracteristicii I-V este neglijabilă, fapt care este un indicator puternic al regimului de tunelare, așa cum este ilustrat în figura 11a.

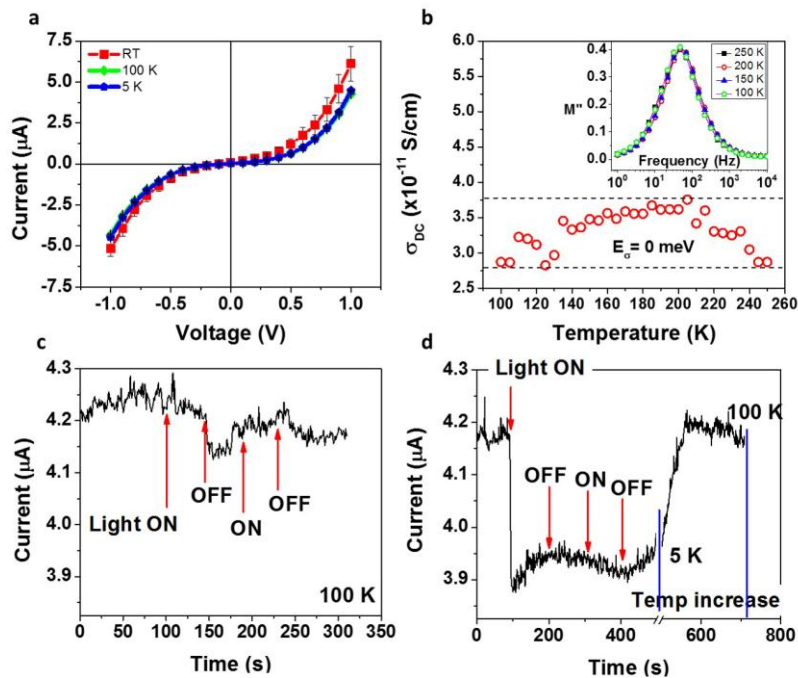


Figura 11. (a) Caracteristica I-V înregistrată pe dispozitivul electronic de 10 nm la temperatura camerei, 100K și 5K. (b) Dependența termică a conductivității electrice în regim DC. În insert este reprezentată dependența termică a modulului electric. (c) Efectul luminii înregistrat la 100K. (d) Efectul LIESST observat prin măsurători electrice la 5 K, relaxarea termică a stării metastabile HS în starea LS prin încălzirea sistemului de la 5 K la 100 K.

Mecanismul de tunelare este confirmat de dependența conductivitate electrică vs. temperatură, în care nu se observă nicio activare termică (energia de activare $E_{\sigma} = 0$ meV), care este de asemenea, susținut de suprapunerea vârfului de relaxare a modulului electric (vezi insertul din Figura 11b). În scopul ilustrării mai bune a fenomenului de tranziție de spin în acest dispozitiv, și pentru a elimina orice efecte termice care pot apărea în gama temperaturii înalte (29K în acest caz), vom folosi efectul LIESST. Astfel, dispozitivul a fost răcit la 5K în întuneric, după care proba a fost iradiată folosind o lampă cu halogen. După prima iradiere, curentul prin dispozitiv scade cu aproape 9% și rămâne la același nivel în timpul mai multor cicluri de iradiere ON-OFF. Acesta este un indicator important al efectului LIESST, ceea ce înseamnă că stratul subțire SCO comută din starea LS în starea HS. Într-adevăr, trecerea a fost confirmată prin încălzirea

dispozitivului la temperatura de 100K unde a fost observată o relaxare rapidă, astfel curentul atingând același nivel ca înainte de iradiere, corespunzător stării LS. In plus, efectul LIESST este confirmat de absența oricărui efect de lumină notabil la temperatura de 100 K.

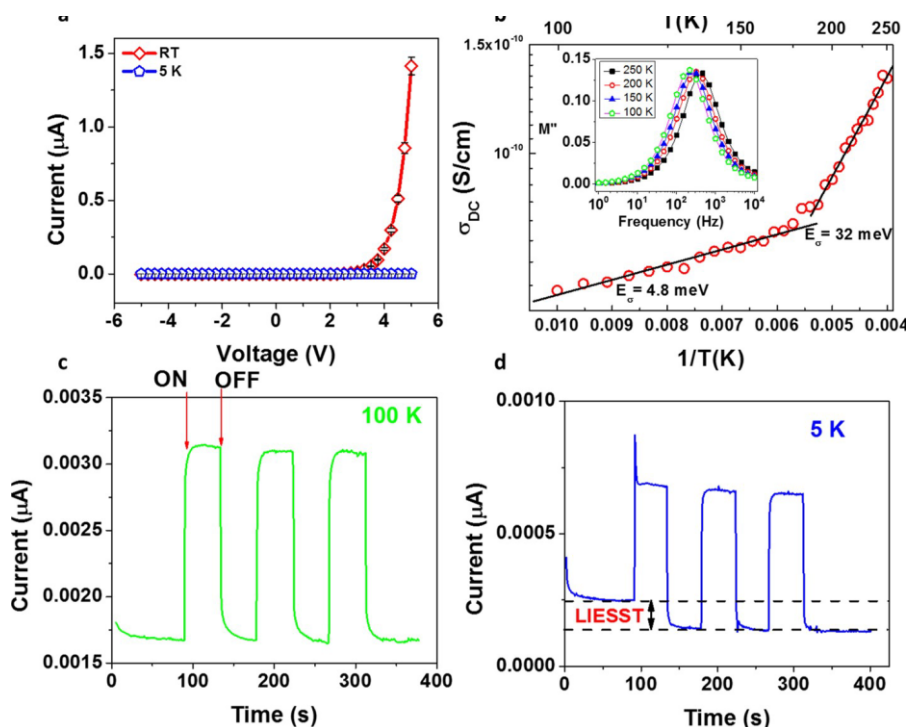


Figura 12. (a) Caracteristicile I-V înregistrate pe dispozitivul de 30 nm, la temperatura camerei și la 5K. (b) Reprezentarea Arrhenius a conductivității electrice vs $1/T$. (c) Fotocurentul produs prin iradierea dispozitivului cu lumină la temperatura de 100K. (d) Fotocurentul și efectul LIESST pe dispozitivul de 30 nm la temperatura de 5K.

Figura 12 ilustrează caracteristica curent-tensiune a dispozitivului 30 nm înregistrat la temperatura camerei și la 5K. Caracteristica I-V s-a schimbat considerabil la dispozitivul de 10nm, prezentând un comportament de rectificare, care este susținut de o schimbare în mecanismul de conducere, de la tunelare la injecția purtătorilor de sarcină printr-o barieră Schottky în cazul din urmă. Raportul de rectificare a acestui dispozitiv depășește valoarea de 420, care este o valoare ridicată pentru materiale moleculare. Trasând caracteristica I-V la temperatura camerei, obținem un factor de idealitate $n=12.29$, care este mai mare comparativ cu valoarea teoretică ($n=1$). Această abatere de la comportamentul ideal poate fi explicată prin mecanismul intrinsec al transportului de sarcină întâlnit în materialele SCO bulk și saltul polaronic. Într-adevăr, dacă am reduce temperatura, putem vedea că factorul de idealitate crește considerabil ($n=515$ la 5 K). De asemenea, prin schimbarea grosimii filmului depus putem observa o valoare chiar mai ridicată a factorului de idealitate n , la temperatura camerei ($n=31.15$). Analizând caracteristica I-V putem concluziona că la scară nanometrică, există o concurență între injecția purtătorilor de sarcină și mecanismul de conducție în salturi de polaroni. Analizând graficul de tip Arhenius (Figura 12b) pentru conductivitate la dispozitivul de 30nm se pot distinge două regiuni liniare, caracteristice saltului polaronic. De asemenea, faptul că, în regiunea de temperaturi joase, energia de activare este mai mică, indicând faptul că starea LS este mai conductivă decât starea HS. Același comportament a fost observat și la dispozitivul de 100 nm.

Dispozitivul de 100 nm, prezintă, de asemenea un efect considerabil al fotocurentului, însă efectul LIESST nu mai este vizibil. Caracteristica I-V prezintă încă rectificarea, comportament întâlnit la dispozitivul de 30 nm, cu un raport de rectificare cu valoarea de 35, considerabil mai mic. Acest fapt poate fi un inconvenient în creșterea grosimii filmului subțire SCO.

3. Perspective

În perioada următoare (Decembrie 2015- August 2016) ne propunem să analizăm proprietățile electrice ale materialelor moleculare cu tranziție de spin, în regim dinamic, la aplicarea unei presiuni externe. De asemenea vom încerca să abordăm și studii mai provocatoare cum ar fi realizarea de structuri de tip vana de spin pe bază de materiale moleculare cu tranziție de spin.

Diseminarea rezultatelor

Nivelul științific al rezultatelor obținute se poate cuantifica, atât prin factorul de impact ISI înalt al jurnalelor în care au fost publicate cele 7 articole, însumând un factor de impact ISI cumulativ de 20,025, cât și prin numărul de citări (7 citări, exceptând autocitările) obținute într-un timp foarte scurt (în jurnale prestigioase, precum *Advanced Materials*, *Journal of Applied Physics* sau *Journal of Materials Chemistry C*).

I. Articole publicate/acceptate spre publicare

2015

[7] C Lefter, R. Tan, J. Dugay, S. Tricard, G. Molnár, L. Salmon, J. Carrey, W. Nicolazzi, A. Rotaru, A. Bousseksou, “Unidirectional electric field-induced spin-state switching in spin crossover based microelectronic devices”, *Chemical Physics Letters*, in press (2015) doi: 10.1016/j.cplett.2015.11.036 (ISI Impact Factor: 1.897) - Editor's Choice

[6] C. Lefter, R. Tan, S. Tricard, J. Dugay, G. Molnár, L. Salmon, J. Carrey, A. Rotaru, A. Bousseksou, “On the stability of spin crossover materials: from bulk samples to electronic devices”, *Polyhedron*, 102 (2015) 434–440 (ISI Impact Factor: 2.011)

[5] C. Lefter, S. Tricard, H. Peng, G. Molnár, L. Salmon, P. Demont, A. Rotaru, A. Bousseksou, “Metal substitution effects on the charge transport and spin transition properties of $[Fe_{1-x}Zn_x(Htrz)_2(trz)](BF_4)$ ($x=0, 0.26, 0.43$)”, *Journal of Physical Chemistry C*, 119 (2015) 8522-8529. (ISI Impact Factor: 4.772)

[4] C. Lefter, R. Tan, J. Dugay, S. Tricard, G. Molnár, L. Salmon, J. Carrey, A. Rotaru, A. Bousseksou, “Light induced modulation of charge transport phenomena across the bistability region in $[Fe(Htrz)_2(trz)](BF_4)$ spin crossover micro-rods”, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 17 (2015) 5151-5154 (ISI Impact Factor: 4.493)

[3] M. Dimian, P. Andrei, M. Mehta, O.A. Idubor, „Thermal relaxation in magnetic multi-layer materials with mixed hysteretic behavior”, *J. Appl. Phys.*, 117 (2015) 17A745 (ISI Impact Factor: 2.183)

2014

[2] Constantin Lefter, Il'ya A. Gural'skiy, Haonan Peng, Gabor Molnar, Lionel Salmon, Aurelian Rotaru, Azzedine Bousseksou, Philippe Demont, “Dielectric and charge transport properties of the spin

crossover complex $[Fe(Htrz)_2(trz)](BF_4)$ ”, *Physica Status Solidi – Rapid Research Letters*, **8** (2014) 191-193 (**ISI Impact Factor: 2.343**)

[1] Iurii Gudyma, Artur Maksymov, **Mihai Dimian**, “Stochastic resonance in bistable spin-crossover compounds with light-induced transitions”, *Physical Review E*, **90** (2014) 052135 (**ISI Impact Factor: 2.326**)

II. Lucrări trimise spre evaluare/în pregătire

[2] C. Lefter, V. Davesne, L. Salmon, G. Molnár, P. Demont, A. Rotaru and A. Bousseksou, “Charge transport and electrical properties of spin crossover materials: towards nanoelectronic and spintronic devices”, *Magnetochemistry*, Special Issue “Spin Crossover (SCO) Research” - **Review**, submitted.

[1] C. Lefter, S. Rat, J. S. Costa, M. D. Manrique-Juárez, C. Quintero, L. Salmon, G. Molnár, I. Séguy, L. Nicu, P. Demont, A. Rotaru, and A. Bousseksou, „Molecular spin-state switching in large-area vertical tunnel junctions”, *Advanced Materials*, (fază finală de revizuire internă)

III. Participări la conferințe naționale și internaționale

2015

[10] **C. Lefter, I. Rusu, S. Tricard, H. Peng, L. Salmon, G. Molnár, P. Demont, A. Bousseksou, and A. Rotaru**, “Charge transport phenomena in molecular spin crossover materials: DC and AC analysis”, *10th International Symposium on Hysteresis Modeling and Micromagnetics*, 19-20 Mai 2015, Iasi, Romania (**Oral presentation**)

[9] **C. Lefter, R. Tan, J. Dugay, S. Tricard, G. Molnar, L Salmon, J. Carrey, A. Rotaru, A. Bousseksou**, “Light induced modulation of charge transport phenomena across the bistability region in molecular spin crossover micro-rods”, *The twelfth international conference "Correlation Optics 2015"*, Chernivtsi, Ukraine September 14-18, 2015 (**Invited presentation**)

[8] **C. Lefter, I. Rusu, S. Tricard, H. Peng, L Salmon, G. Molnar, A. Bousseksou, A. Rotaru**, “Spin crossover materials for nanoelectronic and spintronic devices”, *Amorphous and Nanostructured Magnetic Materials – ANMM’ 2015*, Iasi, 21-24 September 2015. (**Poster presentation**)

2014

[7] **C. Lefter, S. Tricard, H. Peng, G. Molnár, L. Salmon, P. Demont, A. Rotaru, A. Bousseksou**, “Dilution effect on intrinsic charge transport and dielectric properties of $[Fe_{1-x}Zn_x(Htrz)_2(trz)](BF_4)$ (with

$x=0, 0.26$ and 0.43) spin crossover compound”, **Electroceramics 14**, 16-20 June 2014, Bucharest, Romania, (**oral presentation**)

[6] **C. Lefter**, S. Tricard, **G. Molnár**, **L. Salmon**, **A. Rotaru**, **A. Bousseksou**, “*Electric-field-induced spin-state switching in spin crossover particles*”, **ElecNano**, 26-28 May 2014, Paris, France, (**oral presentation**)

[5] **C. Lefter**, S. Tricard, **G. Molnár**, **L. Salmon**, **A. Rotaru**, **A. Bousseksou**, “*Unusual photocurrent in a spin crossover compound*”, **ElecNano**, 26-28 May 2014, Paris, France, (**poster presentation**)

[4] **C. Lefter**, S. Tricard, **H. Peng**, **G. Molnár**, **L. Salmon**, P. Demont, **A. Rotaru**, **A. Bousseksou**, “*Charge transport phenomena in molecular spin crossover compounds*”, **1st Autumn School on Physics of Advanced Materials**, Iasi, Romania, 22-28 September 2014 (**poster presentation**)

[3] **C. Lefter**, I.A. Gural'skiy, S. Tricard, **G. Molnar**, **L. Salmon**, **A. Bousseksou**, A.Gaur, **A. Rotaru**, “*Studies regarding stability issues of $[Fe(Htrz)_2(trz)](BF_4)$ spin crossover complex*”, **10th International Conference on Physics of Advanced Materials**, Iasi, Romania, 22-28 September 2014 (**Best Poster Award**)

2013

[2] **A. Rotaru**, **C. Lefter**, R. P. Tan, I. A. Gural'skiy, **L. Salmon**, P. Demont, J. Carrey, **G. Molnár**, M. Respaud and **A. Bousseksou**, “*Molecular Spin Crossover Materials: New Perspectives in Molecular Spintronics and Nanoelectronics*”, **CNFA Iasi 2013** (**invited**)

[1] **A. Rotaru**, **C. Lefter**, R. P. Tan, I. A. Gural'skiy, **L. Salmon**, P. Demont, J. Carrey, **G. Molnár**, M. Respaud and **A. Bousseksou**, “*Electrical properties of molecular spin crossover materials: towards nanoelectronic devices*”, **ACIN 2013**, Namur, **Belgia** (**poster**)

Director proiect,
Conf. univ. dr. Aurelian ROTARU