



(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2019 00745**

(22) Data de depozit: **15/11/2019**

(41) Data publicării cererii:
30/04/2020 BOPI nr. **4/2020**

(71) Solicitant:

• INSTITUTUL NAȚIONAL DE CERCETARE
DEZVOLTARE PENTRU FIZICA
MATERIALELOR (INCDFM),
STR.ATOMIȘTILOA, NR.405A, CP.MG-7,
MĂGURELE, IF, RO

(72) Inventatori:

• IVAN ION, STR.FĂINARI, NR.26, BL.50,
SC.C, AP.93, SECTOR 2, BUCUREȘTI, B,
RO;

• ALDICA GHEORGHE VIRGIL,
ALEEA RÂMNICEL NR. 2, BL. M6, SC. B,
AP. 66, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO;
• ENCULESCU MONICA,
STR.DESPINĂ DOAMNA NR.20,
CURTEA DE ARGEŞ, AG, RO;
• MIU LUCICĂ, STR.PROMETEU, NR.28-32,
BL.14F, SC.2, ET.2, AP.18, SECTOR 1,
BUCUREȘTI, B, RO;
• IONESCU ALINA-MARINELA,
STR.MĂRĂŞEŞTI NR.11, AP.6, MG.7,
MĂGURELE, IF, RO;
• CRISAN IOAN ADRIAN, STR.MIERLEI,
NR.16, MĂGURELE, IF, RO

(54) ACOPERIRI SUPRACONDUCTOARE DE $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ CU CENTRI DE FIXARE ARTIFICIALI CU STRUCTURĂ MIXTĂ, ȘI PROCEDEU DE OBȚINERE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la straturi de acoperire nanocompozite de $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ cu centri de fixare artificiali, cu structură mixtă, și la un procedeu de obținere a acestora, aplicațiile acestor straturi incluzând benzi supraconductoare nanocompozite, care pot fi utilizate în instrumentele de imagistică prin rezonanță magnetică, și cabluri electrice cu pierderi reduse, pentru rețelele electrice inteligente. Straturile nanocompozite, conform invenției, sunt formate dintr-o matrice de $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ în care se găsesc faze nesupraconductoare nanometrice cu morfologie mixtă, rectangulară și sferică, ce conțin cel puțin unul dintre următorii compuși: $\text{CuY}_2\text{Ge}_2\text{O}_8$, BaY_2O_4 , CuY_2O_4 , $\text{Ba}_{0.92}\text{Cu}_{1.06}\text{O}_{2.28}$, BaGeO_4 . Procedeul conform invenției constă în ablația laser a unei târte formate dintr-un disc de YBCO pe care s-a lipit un sector din CuGeO_3 având aria de 2% din aria târtei de YBCO, sau mai poate fi un material de $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ dopat cu CuGeO_3 în concentrație variabilă, depunerea fiind făcută pe un substrat monocrystalin de SrTiO_3 , sau pe un monocrystal de LaAlO_3 sau Al_2O_3 sau MgO , sau un material, metal sau ceramică, acoperit cu un strat intermediar de MgO , SrTiO_3 , Al_2O_3 , LaAlO_3 , CeO_2 ; depunerea a avut loc la o temperatură $T = 800^\circ\text{C}$ în atmosferă de oxigen cu presiunea de 0, 26 mbari, urmată de răcire la o temperatură de 30°K în atmosferă de oxigen de 660 mbari, cu menținerea timp de 1 h la un palier de temperatură $T = 550^\circ\text{K}$.

Revendicări: 2

Figuri: 8

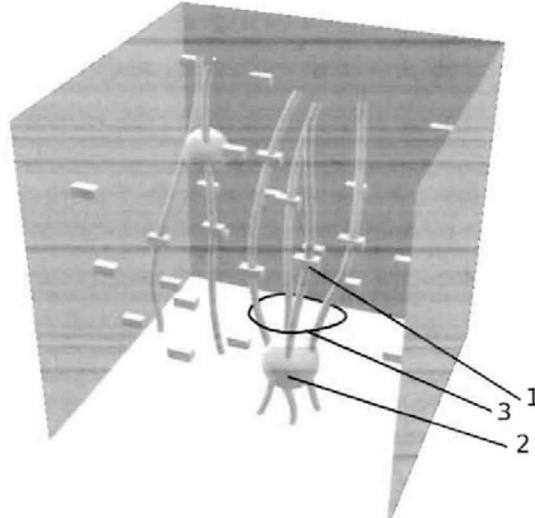


Fig. 8

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozitîilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de inventie a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întînderea protecției conferite de cererea de brevet de inventie este determinată de revendicările continute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).



Acoperiri supraconductoare de $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ cu centri de fixare artificiali cu structura mixta si procedeu de obtinere

*Ion IVAN, Gheorghe Virgil ALDICA, Monica ENCULESCU, Lucica MIU, Alina-Marinela
IONESCU, Ioan Adrian CRISAN*

Stadiul tehnicii

Invenția propune prepararea filmelor supraconductoare nanocomposite, cu proprietăți de pinning imbunatatite, folosind ca materiale de bază $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ (YBCO) iar ca dopant CuGeO_3 (CGO), filmele fiind depuse prin ablatie pulsata laser (PLD) pe substrat monocristalin de SrTiO_3 (STO), orientat (0,0,I).

Prin imbunatatirea proprietăților de pinning se intenționează introducerea controlată într-o matrice supraconductoare a unor faze nesupraconductoare de dimensiuni nanometrice care acionează ca centri de fixare (CF) pentru vortexuri, având ca efect creșterea curentului critic J_c , adică curentul maxim care poate trece printr-un material supraconductor. Aplicațiile includ benzi supraconductoare nanocomposite obținute prin PLD care pot fi utilizate în instrumentele de imagistică prin rezonanță magnetică și cabluri electrice cu pierderi reduse pentru retele electrice inteligente [1].

Unele studii au arătat că se poate imbunătăti J_c prin adăugarea unor CF artificiali sub formă de nanoparticule de BaZrO_3 (BZO) [2,3], dar temperatura critică T_c scade aproape liniar cu creșterea concentrației de CF, limitând astfel performanțele care pot fi obținute.

Alte grupuri au arătat că se pot obține valori record pentru J_c atunci când vortexurile (cuante de flux magnetic) sunt fixate pe o lungime cât mai mare prin introducerea în matricea supraconductoare a unor centri de fixare columnari (CFC) prin diferite metode [4,5,6]. Totuși, în acest caz, în referința [7] sunt discutate problemele legate de relaxarea sistemului de vortexuri prin mecanisme de "vortex-kink", "double-kink" și "half-loop" care apar la campuri magnetice mai mici decât campul de potrivire iar în referința [8] s-a observat că anizotropia J_c în ceea ce privește orientarea câmpului magnetic este de obicei extrem de mare, astfel, de exemplu, de-a lungul lungimii firului unei bobine supraconductoare pe bază de CFC vor exista variații foarte mari în J_c ceea ce va duce la scăderea performanței dispozitivului final.

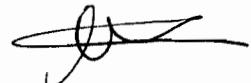
În [9] s-a arătat că factorul de anizotropie efectivă γ_{eff} [10] poate fi redus la o valoare foarte mică de 1.4 atunci când sunt folosite nanoparticule de BZO într-un film supraconductor de YBCO obținut pe cale chimică din soluții complexe metal-organice.



1

CERTIFICAT DE INVENTIE	
Cerere de brevet de inventie	
Nr. 2019 00745	
Data depozit... 15.-11.-2019	

Dr. Ion Ivan
Inventator



Pe de alta parte, similarile teoretice [11] indica de asemenea o imbunatatire a J_c atunci cand centrii de fixare sunt sub forma de nanoparticule si au concentratie ridicata. Astfel, s-a observat ca J_c scade cu campul magnetic dupa legea $J_c \propto B^{-\alpha}$ unde exponentul α descreste de la 0.66 la 0.3 atunci cand densitatea de nanoparticule este optimizata.

In [12] este descrisa obtinerea filmelor nanocomposite $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x} - \text{BaZrO}_3$ prin ablatia laser a unei tinte de YBCO dopate cu 2-7%mol BZO. In comparatie cu proba martor (fara adaos de BZO), J_c obtinut din masurari curent-tensiune la $T = 77$ K ramane aproape neschimbat in domeniul campuri magnetice moderate ($B < 1$ T).

Problema tehnica rezolvata de inventie

Prezenta inventie propune un nou material supraconductor nanocompozit, sub forma de film, obtinut din YBCO si CGO cu proprietati supraconductoare imbunatatite in domeniul temperaturilor joase sub 30 K. Inventia rezolva problemele legate de scaderea temperaturii de tranzitie T_c [2,3] a supraconductorilor atunci cand se incercă fixarea vortexurilor prin introducerea artificiala a unor CF intr-o matrice supraconductoare. Acest lucru este datorat dezordinii induse in planele de CuO_2 responsabile cu transportul de superelectorni, limitand astfel cantitatea de CF care poate fi adaugata pentru a optimiza J_c .

In patentul de fata, CF rezultati in urma reactiei chimice dintre YBCO si CGO din timpul depunerii nu afecteaza cresterea epitaxiala a filmului supraconductor (T_c nu se modifica) iar in consecinta concentratia de CF poate fi crescuta in continuare pana la o valoare optima. Acest lucru este posibil din cauza structurii rectangulare a CF care este compatibila cu modul de crestere al filmelor de YBCO depuse prin PLD dar si a interactiei reduse la interfata cu matricea supraconductoare.

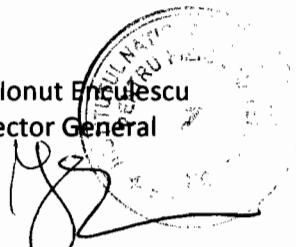
Avantajele inventiei in raport cu stadiul tehnicii

Din punct de vedere morfologic, se obtin doua tipuri de centri de fixare diferiti compozitional:

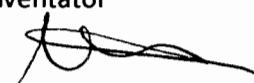
- centri de fixare cu forma sferica (CFSS) cu diametrul cuprins intre 100 - 200 nm observati prin microscopie SEM in Fig. 5 si Fig. 6.
- centri de fixare cu structura rectangulara (CFSR) cu dimensiunea comparabila cu lungimea de coerența a perechilor Cooper (5 nm), observati prin microscopie TEM in Fig. 7

Spre deosebire de rezultatele prezentate in stadiul tehnicii, avantajele inventiei constau in forma rectangulara a CFSR, ceea ce face ca filmul supraconductor sa creasca epitaxial fara a afecta T_c avand ca rezultat imbunatatirea J_c , cel mai important parametru pentru aplicatiile practice. Pe de

Dr. Ionut Enculescu
Director General



Dr. Ion Ivan
Inventator



alta parte, prezenta simultana a CF de tipul CFSR si CFSS asigura fixarea vortexurilor printr-un mecanism de pinning mixt (Fig.8) foarte eficient la temperaturi joase.

Spre exemplu, valorile J_c prezентate in Fig. 4 din prezenta inventie, obtinute pentru un dopaj de 2 %wt, sunt net superioare rezultatelor prezентate in ref [2]-Fig. 4 in domeniul $T < 30$ K si $B < 3$ T, pentru o gama larga de dopaje pe baza de BZO cuprinse intre 2-10%mol.

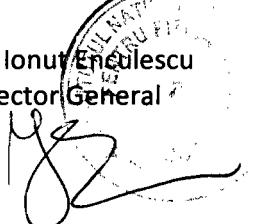
Alt avantaj al inventiei este de natura economica. Folosirea materialului oxidic CGO ca sursa de generare a centrilor de fixare cu morfologie mixta conduce la scaderea pretului produsului final datorita temperaturii de calcinare de aproximativ 800 C [13], mult mai mica decat a compusilor de forma $MZrO_3$ ($M = Zr, Hf, Sn, etc$) folositi pe scara larga [2-6,9,12] la ora actuala.

Procesul de obtinere, prezентat in detaliu mai jos, este unul ieftin, stabil si reproductibil ce poate fi aplicat si la scara industriala pentru fabricarea de benzi supraconductoare folosind sistemele industriale PLD de ultima generatie [14].

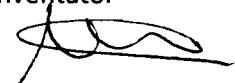
Prezentarea pe scurt a figurilor

- Fig 1. Difractograma $\Theta - 2\Theta$ pentru filmul nanocompozit de YBCO +2%wt CGO (notat in cele ce urmeaza cu A2). Prezenta picurilor pe directia $(0,0,l)$ indica o structura cristalina crescuta epitaxial pe directia axei c.
- Fig 2. Dependenta de temperatura T a momentului magnetic m pentru filmul A2 atunci cand campul magnetic static $H = 10$ Oe a fost aplicat dupa ce proba a fost racita in camp magnetic zero (Z.F.C) si in cazul cand proba este racita in camp magnetic diferit de zero $H = 10$ Oe (F.C). Temperatura critica T_c extraisa la onset din curba $m(T)$ realizata in modul Z.F.C are o valoare foarte buna de aproximativ 90 K la fel ca a filmului martor fara adaos de CGO, notat in continuare cu A1.
- Fig 3. Variatia curentului critic J_c cu campul magnetic aplicat perpendicular pe planul (a,b) pentru probele A1 si A2. J_c a fost obtinut din curbe de magnetizare $M(H)$ folosind modelul lui Bean [15]. In cazul filmului A2, J_c a crescut in medie cu 50% pe tot intervalul de camp magnetic 0 T - 7 T si la $T = 10$ K comparativ cu filmul A1, iar valorile inregistrate pentru $J_c(T, H)$ in domeniul de temperatura 10 K – 60 K si B pana la 7 T sunt cuprinse intre 10^7 A/cm² - 10^5 A/cm² (Fig 2). In inset se poate observa efectul PME pentru filmul A2 la $B = 1$ T si 3 T, efect asociat supraconductorilor cu conductivitate termica redusa datorata piningului puternic [16].
- Fig 4. Dependenta $J_c(B)$ pentru filmul A2 la $T = 10K, 20K, 30K$.
- Fig 5. Imagine SEM realizata in modul BSD pe suprafata filmului A2. Se observa existenta a doua tipuri nanoparticule sferice diferite compozitional cu diametrul cuprins intre 100 si 200 nm.

Dr. Ionut Enculescu
Director General



Dr. Ion Ivan
Inventator



- Fig 6. Imagine SEM realizata in modul SE pe suprafata filmului A2. Se observa existenta unor nanoparticule distribuite uniform in matricea supraconductoare.
- Fig 7. Imagine TEM obtinuta pe filmul A2. Se observa prezenta nanoparticulelor cu forma rectangulara cu laturile cuprinse intre 5 si 20 nm, distribuite uniform in matricea supraconductoare de YBCO.
- Fig.8 Reprezentarea schematica a fenomenelor de captare a vortexurilor printr-un mecanism de pinning mixt. Nanoparticulele cu forma sferica identificate in figura cu (3) capteaza mai multe vortexuri care formeaza un manunchi (2). Nanoparticulele rectangulare capteaza vortexurile individual in anumite puncte (1).

Prezentarea in detaliu a cel putin a unui mod de realizare a inventiei cu referire la figuri

Filmele nanocomposite supraconductoare au fost obtinute prin ablatia laser (PLD) a unei tinte de YBCO pe care s-a montat un sector in forma de triunghi de CGO cu aria de 2% din aria tintei. Ca substrat s-a folosit un substrat monocristalin de STO, orientat (0,0,1).

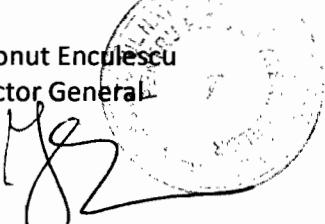
Procesul de depunere a avut loc la $T = 800$ °C in atmosfera de oxigen avand presiunea de 0.26 mbari. Frecventa laserului a fost de 5 Hz iar energia de aproximativ 2 J. Dupa depunere, presiunea de oxygen a fost crescuta la 660 mbari iar temperatura substratului a scazut la $T = 30$ °C cu o rata de 10 °C /min.

Pentru a absorbi cantitatea optima de oxigen, filmul a fost tinut timp de o ora la $T = 500$ °C.

In urma reactiei chimice dintre CGO si YBCO din timpul depunerii au rezultat centri de fixare diferiti compozitional (dupa cum se poate vedea din imaginea SEM realizata in modul BSD din Fig 5), din punct de vedere morfologic fiind identificate atat nanoparticule rectangulare cu laturile cuprinse intre 5 si 20 nm (Fig 7) dar si nanoparticule sferice cu diametrul de 100-200 nm observate prin SEM (Fig. 5).

Difractograma XRD a filmelor astfel obtinute, prezentata in Fig. 1, arata o structura crescuta epitaxial pe directia axei c, fazele nesupraconductoare rezultate ca urmare a interactiei chimice dintre YBCO si CGO din timpul depunerii fiind absente din cauza dimensiunii lor nanometrice. Pentru o identificare a posibililor compusi de reactie dintre YBCO si CGO s-a studiat prin XRD o proba bulk policristalina de YBCO dopata cu 15%wt CGO. Fazele astfel identificate au fost: CuY₂Ge₂O₈, BaY₂O₄, CuY₂O₄, Ba_{0.92}Cu_{1.06}O_{2.28} si BaGeO₄.

Temperatura critica T_c extrasă la onset din curbele $m(T)$ in camp magnetic aplicat $H = 10$ Oe are o valoare foarte buna de aproximativ 90 K reprezentant maximul ce poate fi atins prin PLD. Rezultatul poate fi vazut in Fig. 2. Toate masurarile magnetice au fost efectuate cu magnetometrul cu SQUID marca Quantum Design.



Modul in care inventia este susceptibila a fi aplicata industrial

Inventia prevede un procedeu de fabricație prin ablatie laser a unui conductor electric cu pierderi reduse, procedeu care poate fi aplicat si pentru obtinerea benzilor supraconductoare de lungimi de ordinul zecilor de metri folosind sisteme industriale PLD de ultima generatie [14,17].

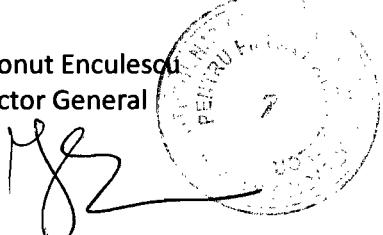
Exemple de utilizare a benzilor supraconductoare:

- cabluri supraconductoare pentru transportul de energie cu pierderi reduse, obtinute prin PLD [14,17]
- motoare si generatoare electrice [18,19]
- limitatori de curent rezistivi [20]
- electromagneti foarte puternici utilizati in levitatie magnetica, accclaratoare de particule, confinarea plasmei in reactoarele de fuziune nucleara, imagistica MRI [21,22]

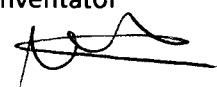
Referinte :

- [1] Brian J. Orr, Ralph Delmdahl, and Burkhard Fechner. Light, Energy and the Environment, OSA Technical Digest (online) (Optical Society of America, 2014, paper EF4A.6
- [2] K.J. Song, R.K. Ko, Y.S. Lee, J.S. Yang, Y.M. Park, Manglesh Dixit, H.S. Kim, H.S. Ha, D.W. Ha, S.S. Oh, D.J. Kim, C. Park, S.-I. Yoo Physica C **445–448** (2006) 656–659
- [3] M Peurla, P Paturi, Yu P Stepanov,H Huhtinen, Y Y Tse,A C Bodi, J Raittila and R Laiho Supercond. Sci. Technol. **19** (2006) 767–771
- [4] Mele, P., Matsumoto, K., Horide, T., Ichinose, A., Mukaida, M.,Yoshida, Y., Horii, S.: Supercond. Sci. Technol. **20** (2007) 244
- [5] PCT No PCT/JP2002/006007
- [6] M. Konczykowski Physica C **209** (1993) 247-250
- [7] L. Miu, PRB **85** (2012) 104519
- [8] N. M. Strickland and S. C. Wimbush, IEEE TRANSACTIONS ON APPLIED SUPERCONDUCTIVITY, **27** (2017) 4
- [9] J. Gutierrez, A. Llordes, J. Gazquez, M. Gibert, N. Roma, S. Ricart, A. Pomar, F. Sandiumenge, N. Mestres, T. Puig and X. Obradors, Nature materials **6** (2007) 367–373
- [10] E. Bartolomé, F. Vallés, A. Palau, V. Rouco, N. Pompeo, F. F. Balakirev, B. Maiorov, L. Civale, T. Puig, X. Obradors and E. Silva, PHYSICAL REVIEW B **100**, 054502 (2019)
- [11] R Willa , A E Koshelev , I A Sadovskyy and A Glatz Supercond. Sci. Technol. **31** (2018) 014001

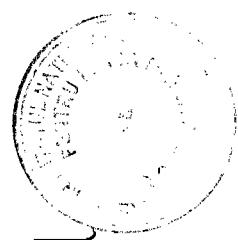
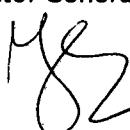
Dr. Ionut Enculescu
Director General



Dr. Ion Ivan
Inventator



- [12] V. Galluzzi, A. Augieri, L. Ciontea, G. Celentano, F. Fabbri, U. Gambardella, A. Mancini, T. Petrisor, N. Pompeo, A. Rufoloni, E. Silva, and A. Vannozzi IEEE TRANSACTIONS ON APPLIED SUPERCONDUCTIVITY, **17** (2007) 2
- [13] I. Ion, V. Sandu, M. Enculescu, G. Aldica, A. M Ionescu Journal of Superconductivity and Novel Magnetism **29** (2016) 775–780
- [14] M. Igarashi et al Physics Procedia **36** (2012) 1412–1416
- [15] Bean, C. P. Phys. Rev. Lett. **8** (1962) 250
- [16] F.T.Dias et al. Physica C:Superconductivity and its applications **525** (2016) 105–110
- [17] S Lee, V Petrykin, A Molodyk, S Samoilienkov, A Kaul, A Vavilov, V Vysotsky and S Fetisov, Supercond. Sci. Technol. **27** (2014) 044022
- [18] Bin Liu, Rod Badcock, Hang Shu and Jin Fang Energies **11** (2018) 792
- [19] Kiruba S Haran, Swarn Kalsi, Tabea Arnd, Haran Karmaker, Rod Badcock, Bob Buckley, Timothy Haugan, Mitsuru Izumi, David Loder, James W Bray, Philippe Masson and Ernst Wolfgang Stautner Supercond. Sci. Technol. **30** (2017) 123002
- [20] Ya Xiong Tan et all Proceedings of 2015 IEEE International Conference on ID5205 Applied Superconductivity and Electromagnetic Devices Shanghai, China, November 20-23, 2015
- [21] Seungyong Hahn, Kwanglok Kim, Kwangmin Kim, Xinbo Hu, Thomas Painter, Iain Dixon, Seokho Kim, Kabindra R. Bhattacharai, So Noguchi, Jan Jaroszynski & David C Larbalestier Nature volume **570** (2019) 496–499
- [22] Nowogrodzki A. Nature **563** (2018) 24-26



Revendicarile inventiei :

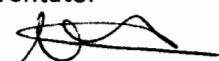
1. Strat supraconductor nanocomposit format dintr-o matrice de $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ in care se gasesc faze nesupraconductoare nanometrice cu morfologie mixta (rectangulara si sferica) care contin cel putin unul din urmatorii compusi : $\text{CuY}_2\text{Ge}_2\text{O}_8$, BaY_2O_4 , CuY_2O_4 , $\text{Ba}_{0.92}\text{Cu}_{1.06}\text{O}_{2.28}$, BaGeO_4 .
2. Procedeu de realizare a stratului supraconductor de la punctul 1:
 - Ablatie laser a unei tinte formata dintr-un disc de YBCO pe care s-a lipit un sector din CuGeO_3 avand aria de 2% din aria tintei de YBCO (sau mai poate fi un material de $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ dopat cu CuGeO_3 in concentratie variabila)
 - Depunerea a fost facuta pe un substrat monocristalin de SrTiO_3 .
 - Substratul pe care se depune mai poate fi un monocristal de LaAlO_3 sau Al_2O_3 sau MgO sau un material (metal sau ceramica) acoperit cu un strat intermediar (buffer) de $\text{MgO}, \text{SrTiO}_3, \text{Al}_2\text{O}_3, \text{LaAlO}_3, \text{CeO}_2$
 - Depunerea a avut loc la $T = 800$ °C in atmosfera de oxigen cu presiunea 0.26 mbari
 - Racire la $T = 30$ K in atmosfera de oxigen de 660 mbari
 - Palier 1 h la $T = 550$ K

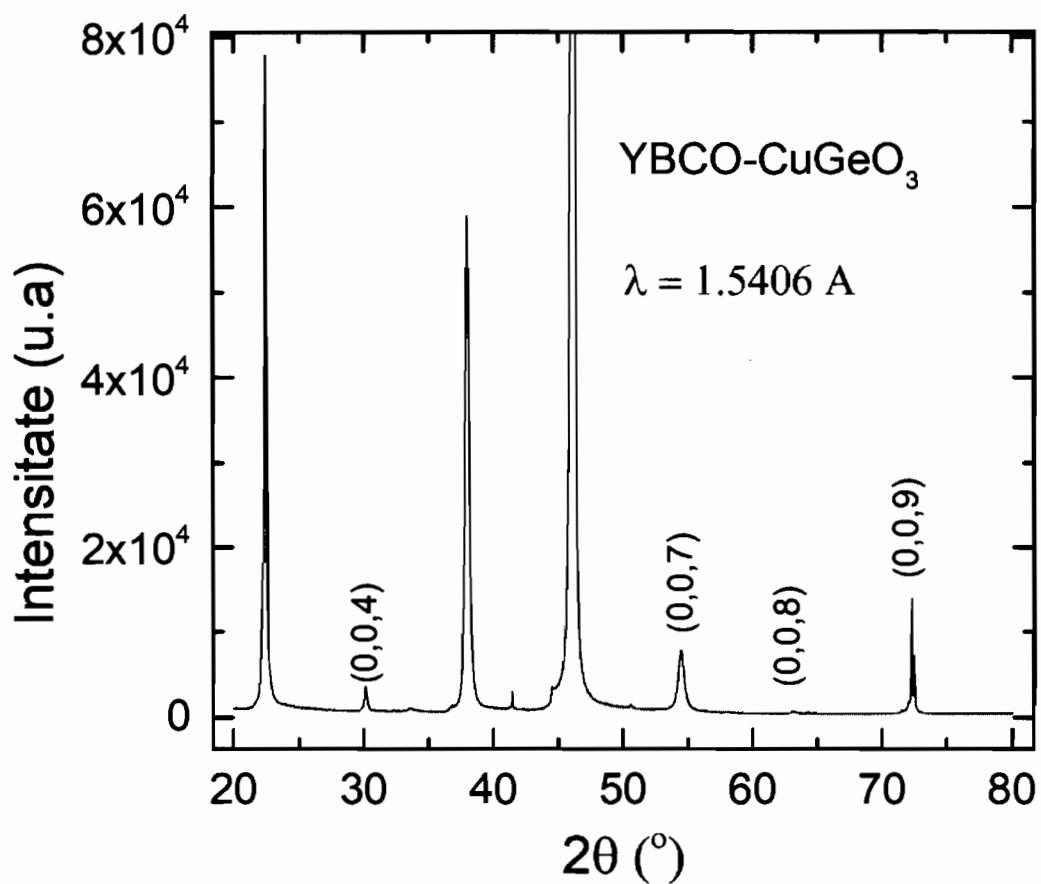
Dr. Ionut Enculescu
Director General



7

Dr. Ion Ivan
Inventator



Figuri explicative pentru inventie**Fig 1.**

Dr. Ionut Enculescu
Director General

8

Dr. Ion Ivan
Inventator

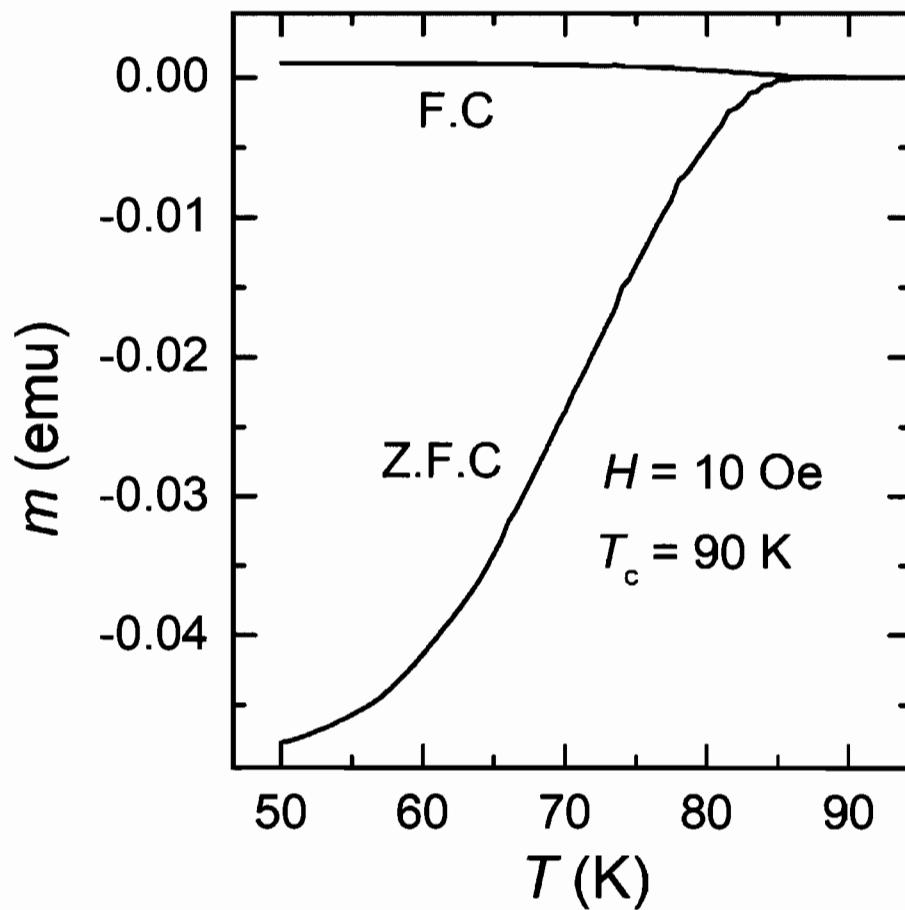
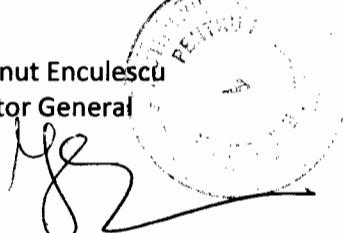


Fig 2.

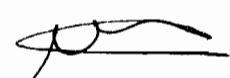
Dr. Ionut Enculescu
Director General



A handwritten signature of Dr. Ionut Enculescu, which includes a circular official stamp with text that is partially legible as 'PEM' and 'ROMANIA'.

9

Dr. Ion Ivan
Inventator



A handwritten signature of Dr. Ion Ivan.

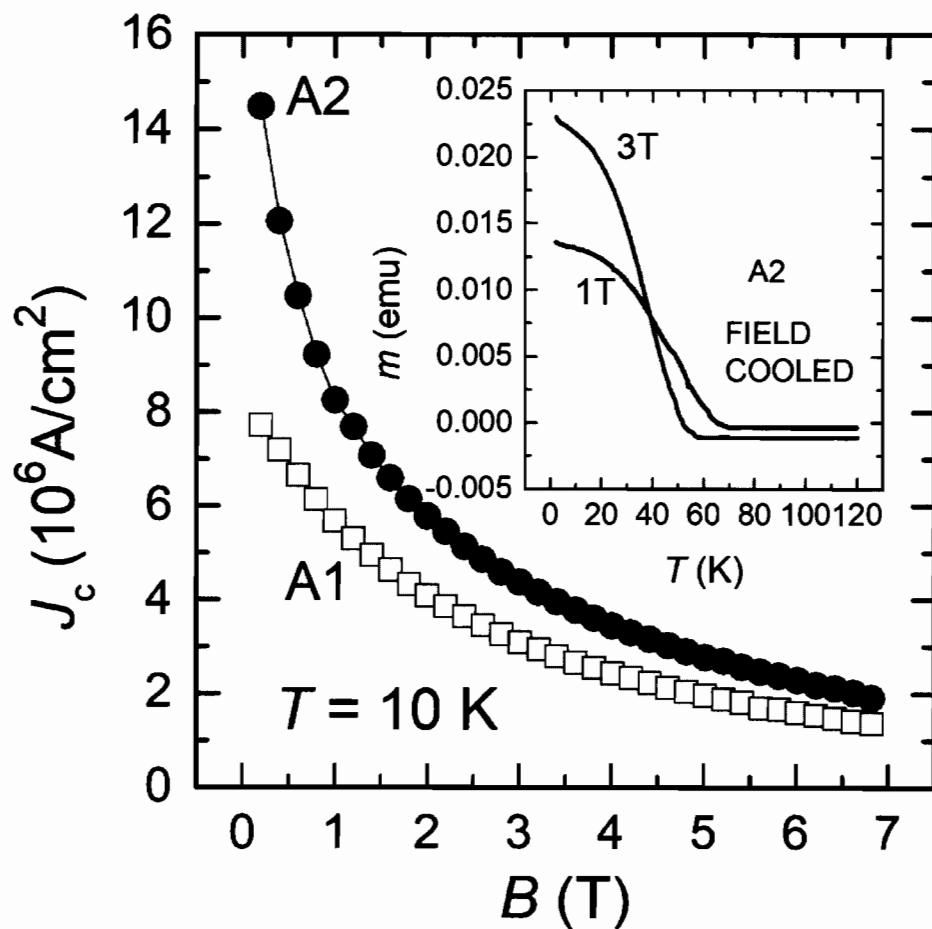


Fig 3.

Dr. Ionut Enculescu
Director General

10

Dr. Ion Ivan
Inventator

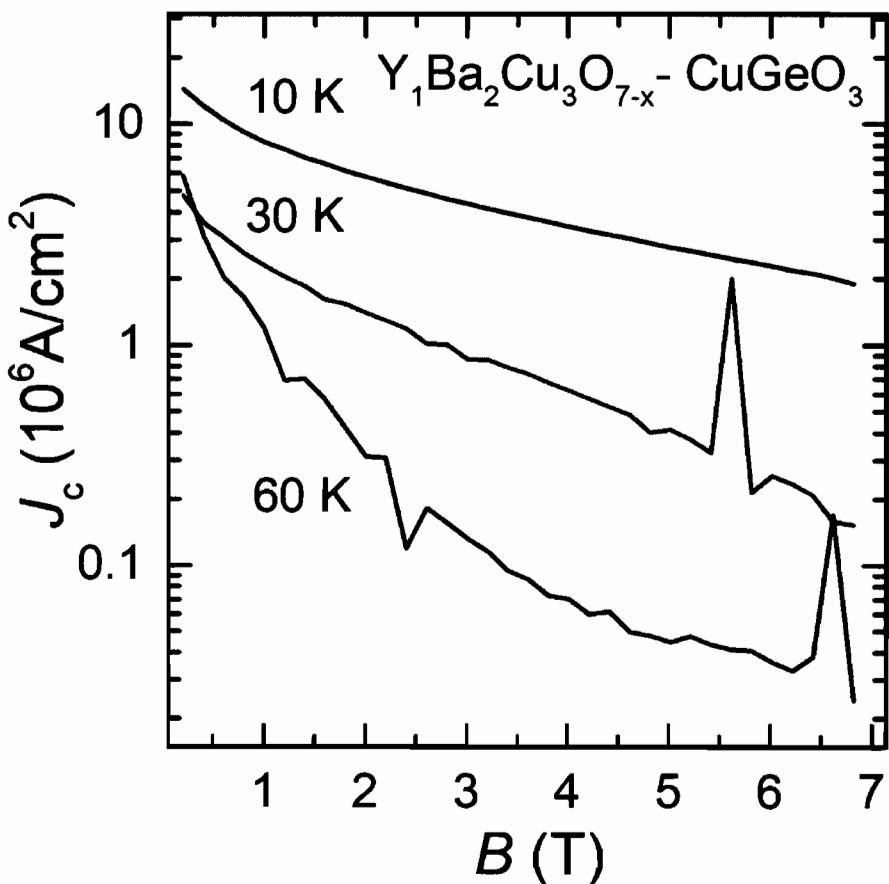


Fig 4.

11

Dr. Ionut Enculescu
Director General

Dr. Ion Ivan
Inventator

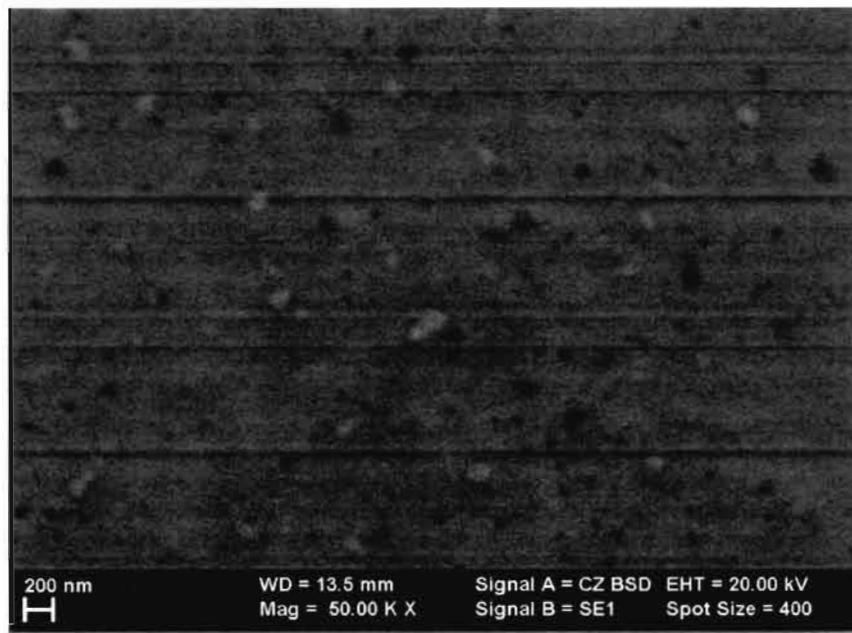


Fig 5.

12

Dr. Ionut Enculescu
Director General

MS

Dr. Ion Ivan
Inventator

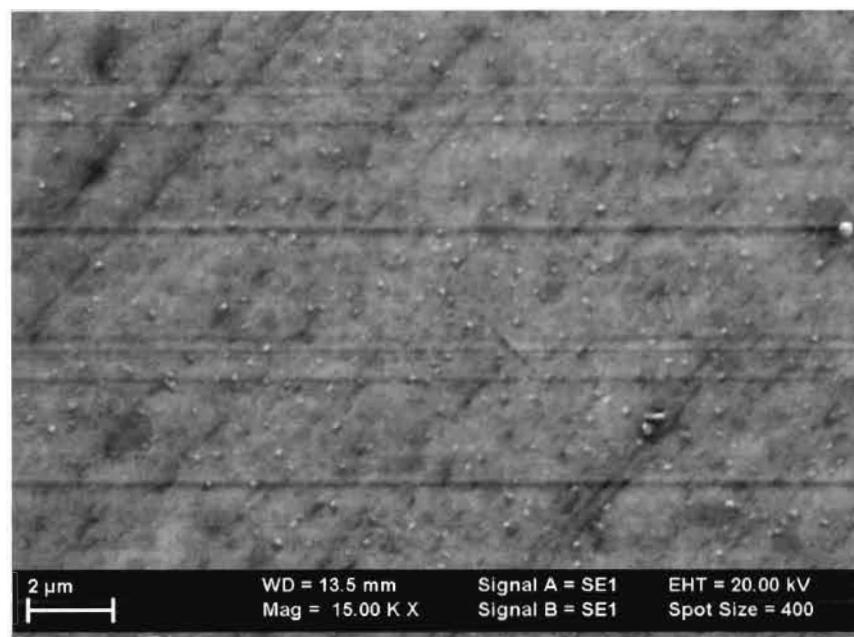
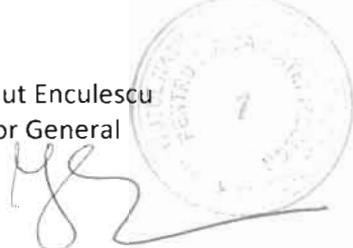


Fig 6.

13

Dr. Ionut Enculescu
Director General



Dr. Ion Ivan
Inventator



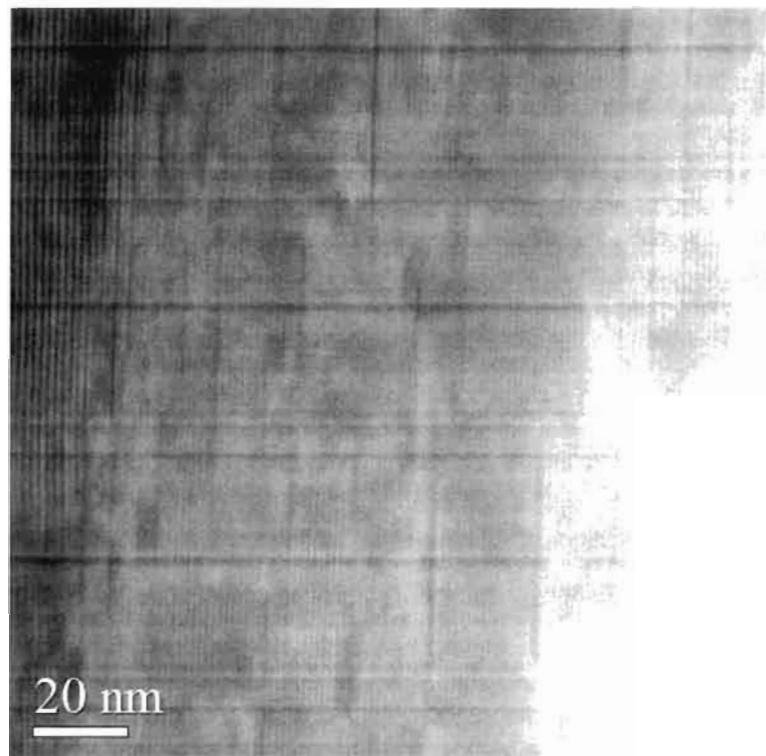


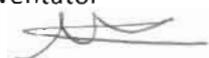
Fig 7

14

Dr. Ionut Enculescu
Director General

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Ionut Enculescu". To its left is a circular official seal or stamp.

Dr. Ion Ivan
Inventator

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Ion Ivan".

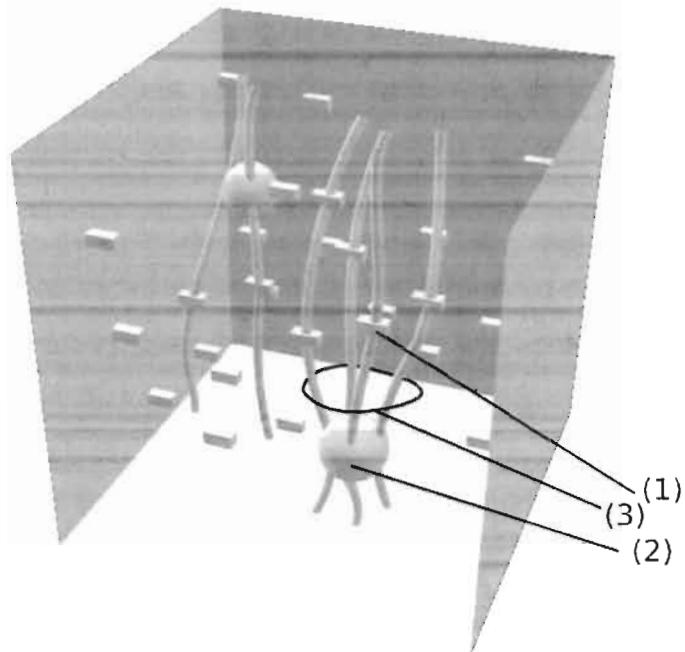


Fig. 8

Dr. Ionut Enculescu
Director General



15

Dr. Ion Ivan
Inventator

