

Raport științific

Privind implementarea proiectului in perioada ianuarie-decembrie 2015

In cadrul etapei V: Optimizarea procesului de piroliza laser pentru obtinerea de pulberi magnetice pe baza de TiO_2 invelite in polimeri carbosilanici si compararea rezultatelor cu datele din literatura in privința proprietăților magnetice, corespunzatoare anului 2015, raportam urmatoarele:

1. Optimizari experimentale-raport de etapa
2. Studiu comparativ asupra eficientei metodei de sinteza pentru a demonstra proprietatile catalitice
3. Prezentarea rezultatelor la conferinte internationale
4. Actualizarea paginii web

In cadrul acestei etape s-a vizat optimizarea procesului de sinteza prin piroliza laser in scopul imbunatatirii proprietatilor nanopulberilor vizand atat aplicatiile fotocatalitice cat si cele magnetice. In acest sens au fost variati urmatorii parametrii experimentali:

- geometria de patrundere a gazelor in zona de reactie
- cantitatea de precursor –obtinand probe cu continut variabil de $TiO_2/Fe/SiO_2$
- densitatea de putere laser in timpul procesului de sinteza.

Variatia geometriei de introducere a precursorilor in flacara de piroliza laser

Au fost testate *doua geometrii* diferite de introducere a precursorului de siliciu in zona de reactie : fie pe duza centrala (Fig. 1a) fie pe duza exterioara (Fig 1b). In ambele configuratii precursorul pentru fier a fost introdus pe duza centrala iar pe duza intermediara inelara au fost introdusi

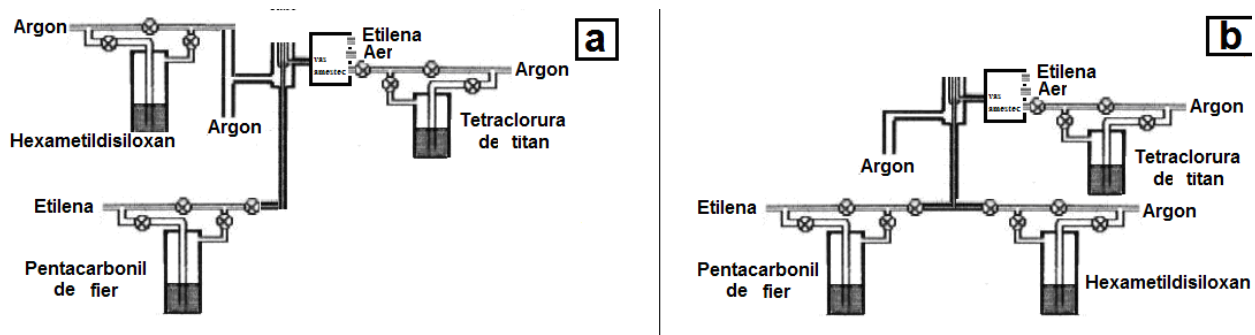


Fig.1. Reprezentarea geometriilor folosite la introducerea precursorilor in zona de reactie

precursorii necesari obtinerii de TiO_2 (TiCl_4 si O_2 sub forma de aer sintetic). Senzitivantul – etilena a fost introdus in ambele configuratii atat pe duza centrala cat si pe cea intermediara.

In cadrul fiecarei geometrii a fost variat fluxul de $\text{Fe}(\text{CO})_5$ -precursorul pentru fazele pe baza de Fe pentru a urmarii influenta acestuia asupra proprietatilor magnetice si eventual fotocatalitice ale nanopulberilor pe baza de TiO_2 rezultate

Tabelul.1. Parametrii de sinteza si compozitie elementala-configuratia a -variatia debitului $\text{Fe}(\text{CO})_5$

Proba	$\Phi_{\text{Ar ext}} [\text{sccm}]$	$\Phi_{\text{Ar int}} [\text{sccm}]$	$\Phi_{\text{Ar}} [\text{sccm}]$	$\Phi_{\text{O}_2} [\text{sccm}]$	$\Phi_{\text{Fe}(\text{CO})_5} [\text{sccm}]$	P [W]	EDAX(at%)						
							Fe	Ti	O	Si	C	Total	
	Duza externa		Duza intermediara		Duza interna								
ITP-18	1500	100	150	450	30	10	350	2	13.6	59.4	9.6	15.4	100
ITP-11	1500	100	150	450	30	5	350	1.8	13.3	56.6	9.4	18.9	100
ITP-12	1500	100	150	450	30	5 fara Fe	310	-	15.8	60.6	8.7	14.9	100

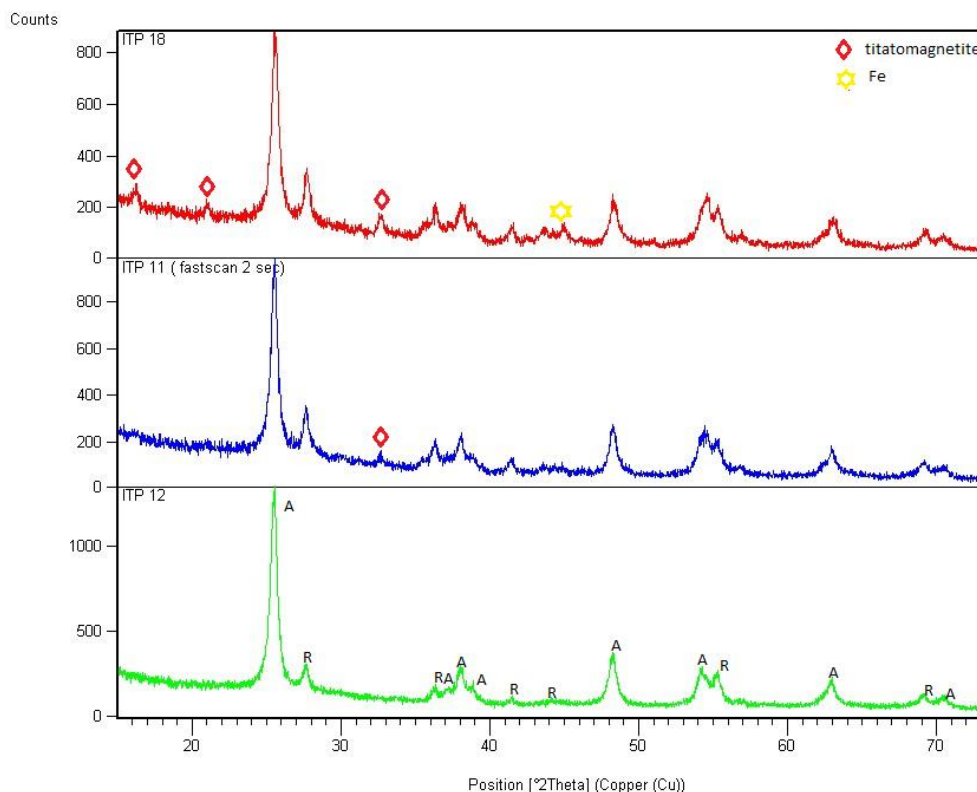


Fig. 2. Difractogramele de raze X suprapuse corespunzatoare probelor ITP 18, ITP 11, ITP 12

Tabelul 2. Rezultate XRD corespunzatoare Fig. 2.

Proba	TiO ₂			
	A (%)	R(%)	D _A (nm)	D _R (nm)
ITP 18	81.79	18.21	13	9
ITP 11	80.96	19.04	15	8
ITP 12	89.19	10.81	16	6

Tabelul.3. Parametrii de sinteza si compozitie elementala-configuratia b - variatia debitului Fe(CO)₅

Proba	Φ _{Acces}	Φ _{Art}	Φ _{Ar}	Φ _{CO₂}	Φ _{CO₂}	Φ _{Art}	P	EDAX(at%)					
	[sccm]	TCR [sccm]	[sccm]	[sccm]	Fe(CO) ₅ [sccm]	Art RM [sccm]		Fe	Ti	O	Si	C	Total
	Duza externa	Duza intermediara		Duza interna									
ITP-13	1500	150	450	30	10	20	310	3	12	60.5	13.2	11.3	100
ITP-14	1500	150	450	30	5	20	310	1.4	14.6	65.7	11.1	7.2	100
ITP-15	1500	150	450	30	5 fara Fe	20	310	-	10.1	67.1	14.3	8.5	100

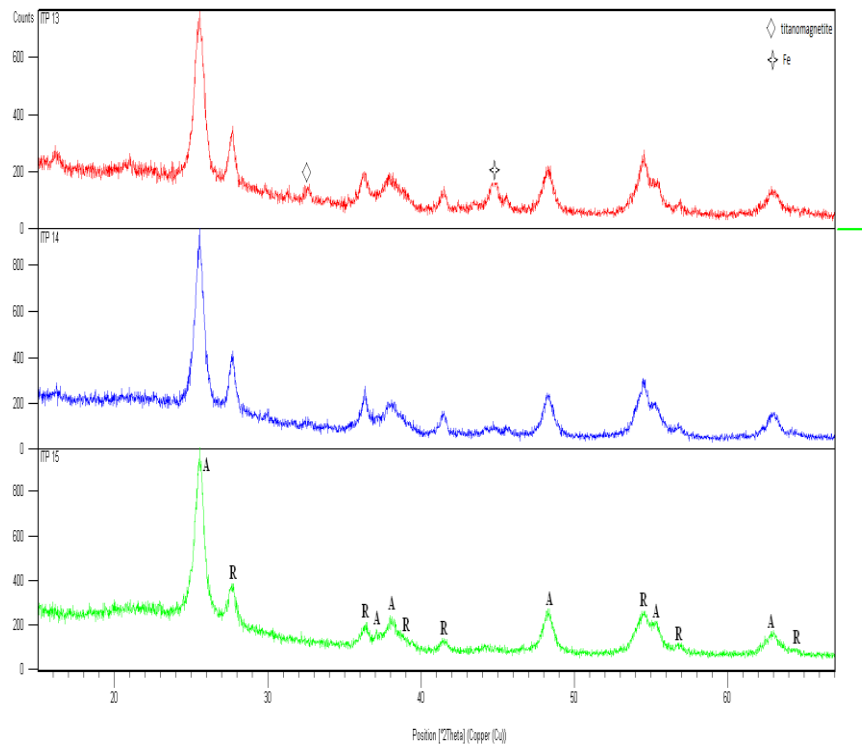


Fig. 3. Diffractogramele de raze X suprapuse corespunzatoare probelor ITP 13, ITP 14, ITP 15

Tabelul 4. Rezultate XRD corespunzatoare Fig. 3.

Proba	TiO ₂			
	A (%)	R(%)	D _A (nm)	D _R (nm)
ITP 13	71	29	11	18
ITP 14	70.1	29.9	13	28
ITP 15	76.55	23.45	12	14

Variatia debitelor precursoare –obtinand probe cu continut variabil de TiO₂/Fe/ SiO₂

Tabelul 5. Variatia raportului dintre precursorii de TiO₂ si cel de Fe-in configuratia a

Proba	Φ _{Aerof}	Φ _{Aer}	Φ _{Aer}	Φ _{Aer}	Φ _{CSH}	Φ _{CSH}	P [W]	EDAX(at%)					
	[sccm]	[sccm]	TiO ₂	[sccm]	[sccm]	Fe(CO) ₅		Fe	Ti	O	Si	C	Total
		Duza externa	Duza intermediara		Duza interna								
ITP-8	1500	100	70	200	30	20	350	8	10.3	49.8	6.7	25.2	100
ITP-10	1500	100	100	300	30	20	350	8.6	14.7	54.2	5	17.5	100
ITP-9	1500	100	100	300	30	10	350	3.3	12.3	57.3	8.2	18.9	100
ITP-11	1500	100	150	450	30	5	350	1.8	13.3	56.6	9.4	18.9	100
ITP-12	1500	100	150	450	30	5 fara Fe	310	-	15.8	60.6	8.7	14.9	100

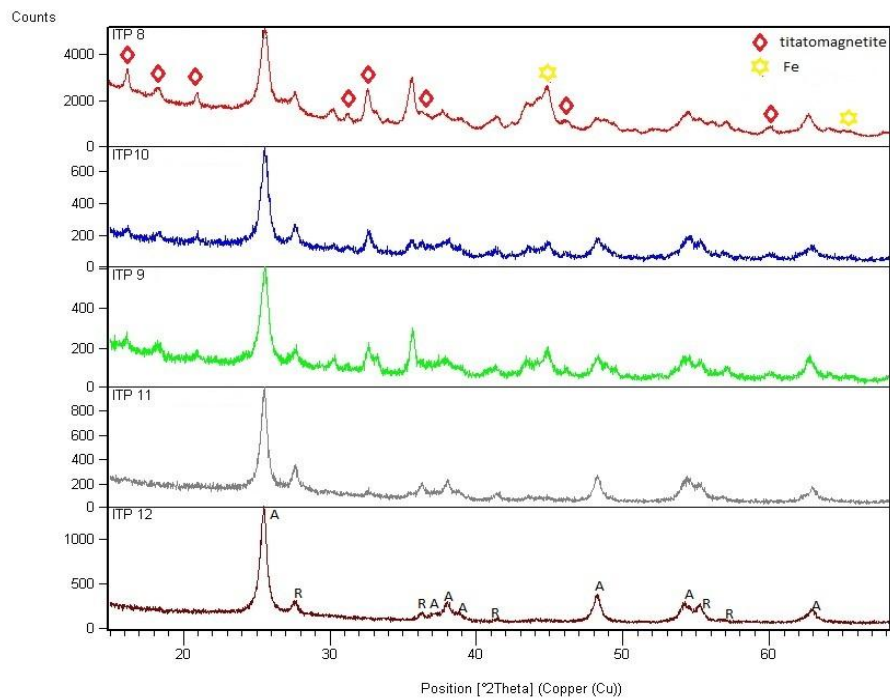


Fig. 4. Difractogramele de raze X suprapuse corespunzatoare probelor ITP 8, ITP 9, ITP 10, ITP 11, ITP 12

Tabelul 6. Rezultate XRD corespunzatoare Fig. 4.

Proba	TiO ₂			
	A (%)	R(%)	D _A (nm)	D _R (nm)
ITP 8	78.58	21.42	12	8
ITP 9	82.18	17.82	14	9
ITP 10	81.79	18.21	13	9
ITP 11	80.96	19.04	15	8
ITP 12	89.19	10.81	16	6

Variatia densitatii de putere laser in timpul procesului de sinteza

Tabelul 7. Variatia puterii laser(debite minime de Fe(CO)₅ si maxime de TiCl₄- configuratia b

Proba	Φ _{Aeroid}	Φ _{Aer TiCl₄}	Φ _{Aer}	Φ _{CO₂}	Φ _{CO₅}	Φ _{Aer H₂O}	P [W]	EDAX (at%)					
	[sccm]	[sccm]	[sccm]	[sccm]	[sccm]	[sccm]		Fe	Ti	O	Si	C	Total
	Duza externa	Duza intermediara		Duza interna									
ITP-16	1500	150	450	30	5	20	250	1.1	13.1	67.2	8.6	10	100
ITP-17	1500	150	450	30	5	20	280	1.7	10.1	65.8	16.1	6.3	100
ITP-14	1500	150	450	30	5	20	310	1.4	14.6	65.7	11.1	7.2	100
ITP-15	1500	150	450	30	5 fara Fe	20	310	-	10.1	67.1	14.3	8.5	100

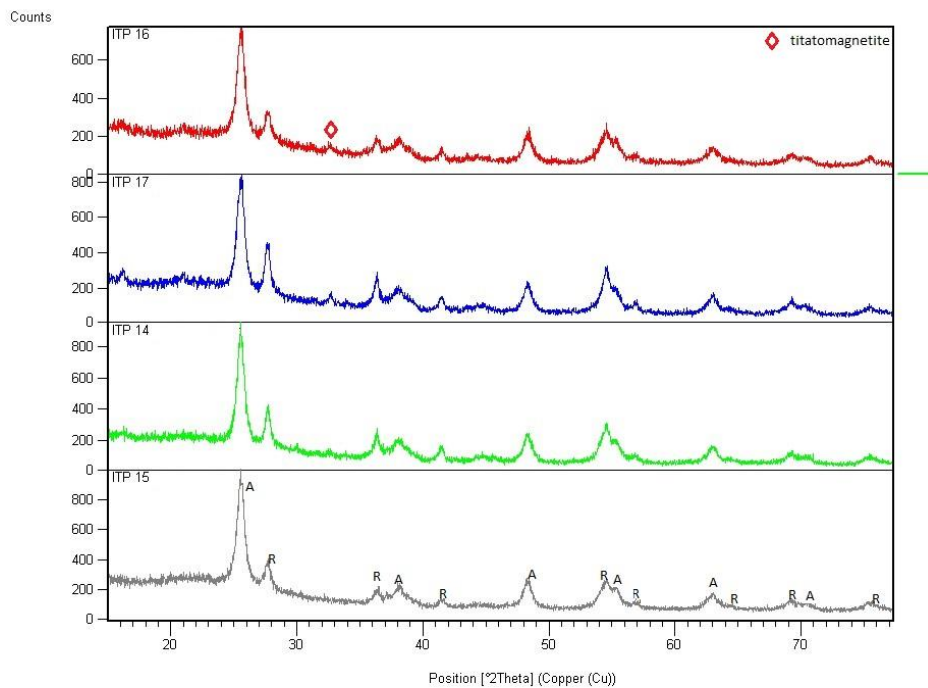


Fig. 5. Difractogramele de raze X suprapuse pentru probele ITP 14, ITP 15, ITP 16, ITP 17

Tabelul 8. Rezultate XRD corespunzatoare Fig. 5.

Proba	TiO ₂			
	A (%)	R(%)	D _A (nm)	D _R (nm)
ITP 16	76.55	24.41	12	14
ITP 17	63.07	36.93	14	22
ITP 14	70.1	29.9	13	28
ITP 15	76.55	23.45	12	14

Analizele XRD releva prezenta unei amestec de faza anatas si rutil, faza anatas , benefica in general pentru aplicatii fotocatalitice-fiind majoritara. Probele cu continut mare de siliciu prezinta un pic slab ca intensitate si foarte larg in jurul valori $2\theta = 23^\circ$ corespunzator SiO₂ amorf. Nu se observa picuri corespunzatoare grafitului cristalin in nici o proba ceea ce inseamna ca el este prezent in probe sub forma amorfa. Cresterea debitului de precursor de fier introdus in reactie determina o scadere a procentului de faza anatas in favoarea rutilului si aparitia de faze suplimentare, probabil titanomagnetita. Probele obtinute in configuratia b prezinta in general un continut atomic de siliciu mai mare decat cele obtinute in configuratia a datorita diluarii precursorului de Si cu Ar de confinare pe duza externa in cazul a. Deasemenea probele obtinute in configuratia a au un continut atomic de carbon net superior celor din configuratia b. Pastrand debitul constant al precursorilo de TiO₂ , odata cu cresterea debitului de precursor de Fe se observa o crestere a procentului atomic de Fe in nanopulberile rezultate. In probele cu un continut inalt de Fe atomic (ITP 8 si ITP 10) s-a identificat si faza de Fe metalic α care este benefica pentru proprietatile magnetice ale acestor pulberi .

Analize SEM

Imaginile de microscopie electronica prin scanare ale unor nanopulberi obtinute in cele doua configuratii sunt prezentate in Fig.6 . Acestea indica prezenta unor agregate de particule de dimensiuni nanometrice care sunt in concordanta cu dimensiunile de cristalit determinate in urma analizelor de raze X.

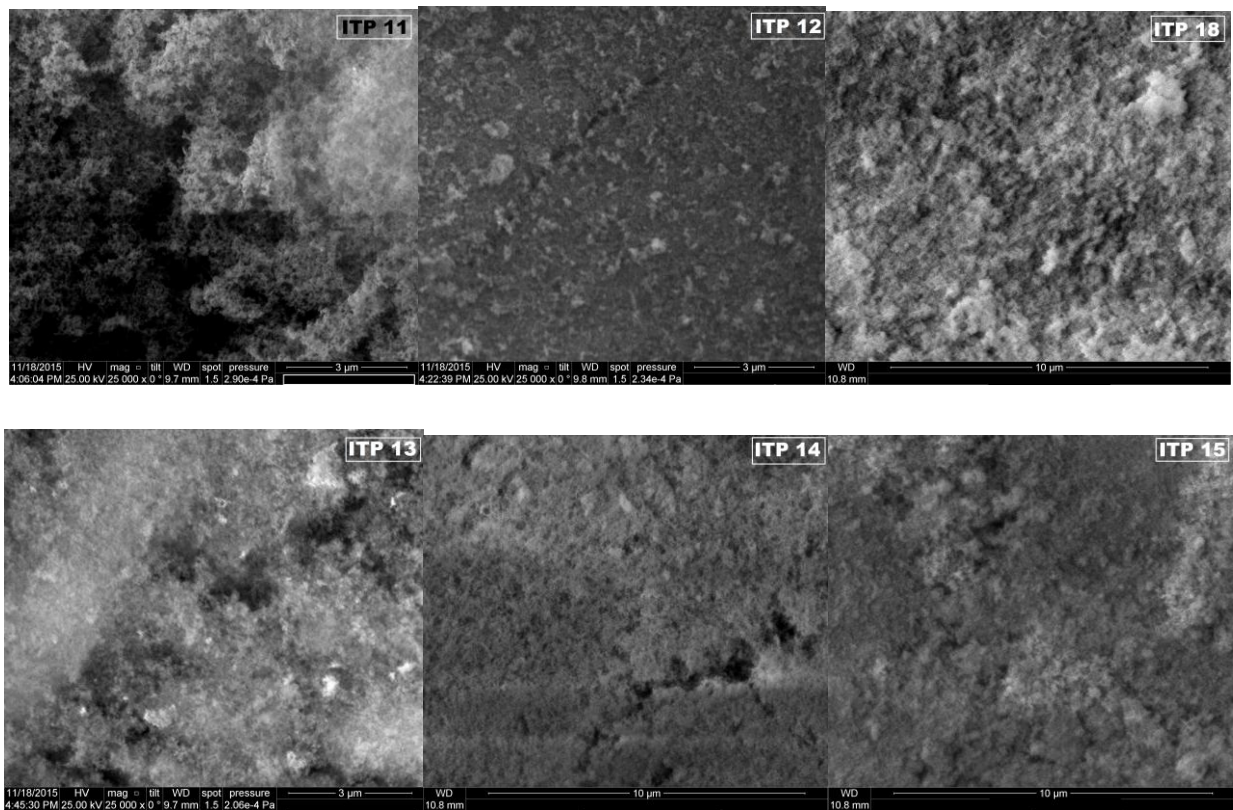


Fig.6. Imagini SEM ale naopulberilor ITP-11, ITP 12, ITP18 (configuratia a) si ITP-13, ITP 14, ITP15 (configuratia b)

Caracterizarea prin spectroscopie UV-Vis

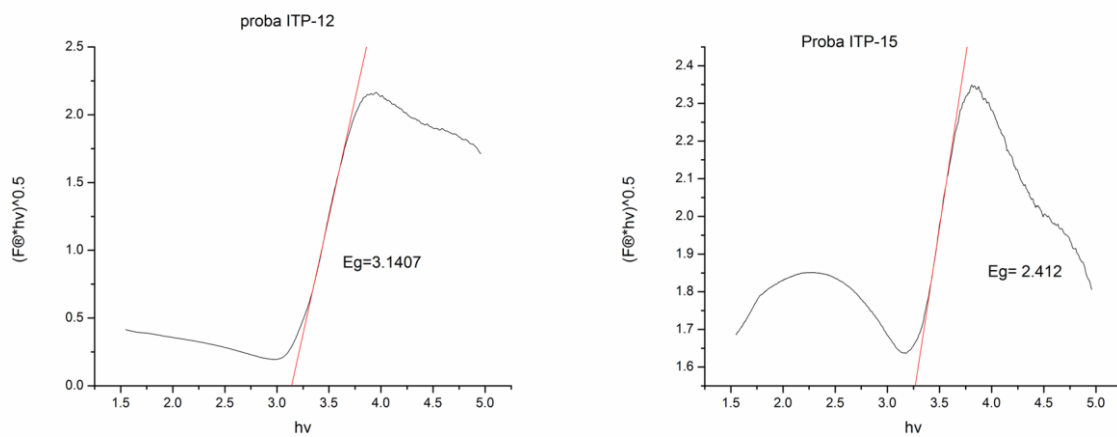


Fig.7. Spectrele de absorbtia in tranzitie indirecta $F(R)^{1/2}$ vs E (eV) pentru probele etalon ITP 12 si ITP 15

Spectrul de absorbanta in tranzitie indirecta al probei ITP 12 de tip $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ obtinuta in configuratia a (**Fig.7.**) are forma asemanatoare cu cel al probei comerciale de TiO_2 pur Degussa P25 , prezentand in acelasi timp o valoare apropiata a energiei benzii interzise (band gap) -3.2 eV. In cazul probei ITP 15 (tot fara continut de Fe dar cu un continut de Si mai mare decat ITP 12) obtinuta in configuratia b, forma spectrului prezentat in Fig.7 difera prezentand in acelasi timp o valoare a benzii interzise mai mica comparativ cu ITP 12 si P25 ceea ce indica o imbunatatire a absorbtiei catre vizibil.

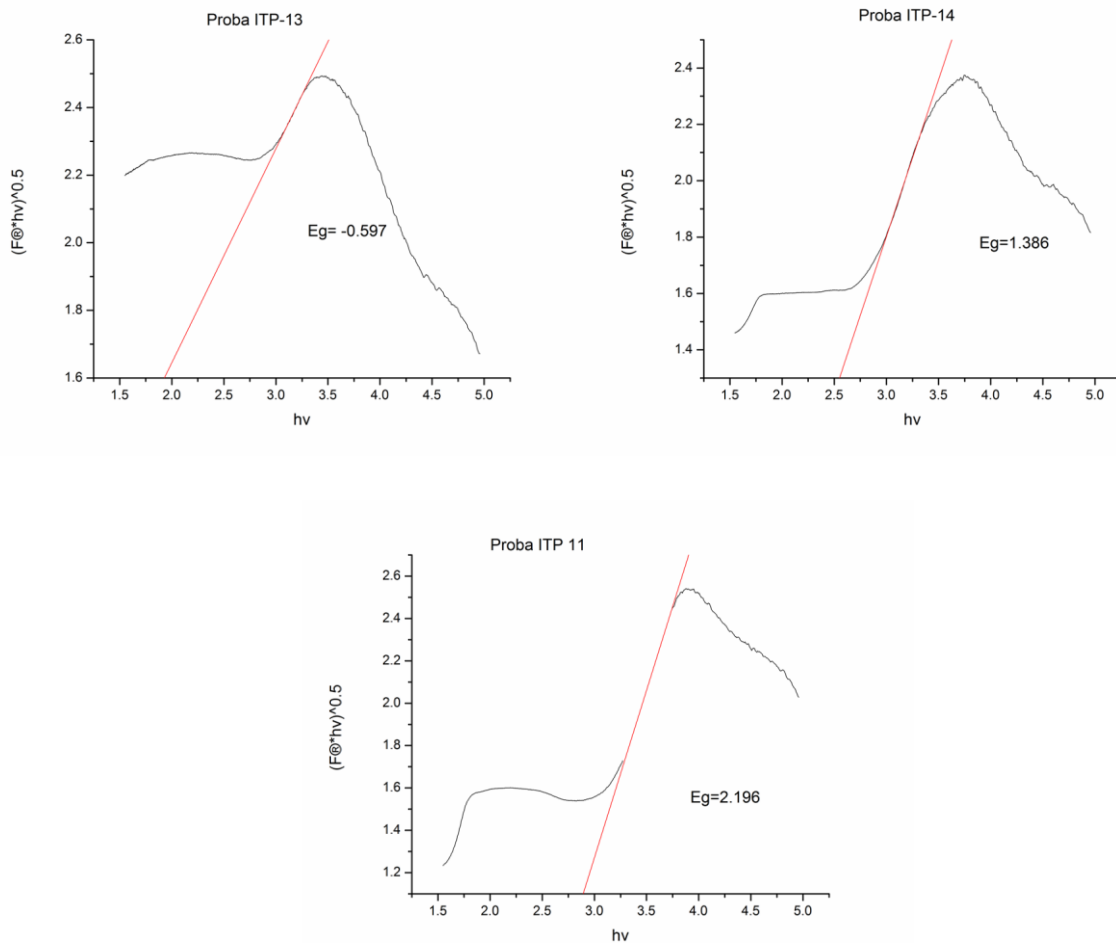


Fig.8. Spectrele de absorbanta in tranzitie indirecta $F(R)^{1/2}$ vs E (eV) pentru probele cu continut de Fe: ITP 11, ITP 13 si ITP 14

Probele obtinute cu un debit mic de precursor de Fe (5 sccm de $\text{Fe}(\text{CO})_5$) -ITP 11 in configuratia a si ITP 14 in configuratia b, prezinta ambele o valoare mai mica a benzii interzise (**Fig.8**)

comparativ cu cea existenta in literatura (3.2eV pentru proba de TiO₂ Degussa P25). Acest lucru poate conduce la concluzia ca introducerea de Fe poate conduce la obtinerea de nanopulberi pe baza de TiO₂/SiO₂ cu o absorbtie mai buna spre domeniu vizibil. Introducerea unei cantitati mai mari de precursor de Fe (10 sccm de Fe(CO)₅) –in proba ITP 13(configuratia b) conduce la valori negative ale benzii interzise, care nu sunt mentionate in literatura de specialitate dedicata semiconductorilor fotocatalitici , aceasta valoare negativa putandu-se datora prezentei Fe metalic (identificat prin XRD)care poate induce proprietati magneto-responsive acestei probe.

Caracterizare magnetica

Au fost analizate magnetic si Mossbauer 3 probe si anume proba ITP_11 (Fig. 9.) si ITP10 (Fig. 10)

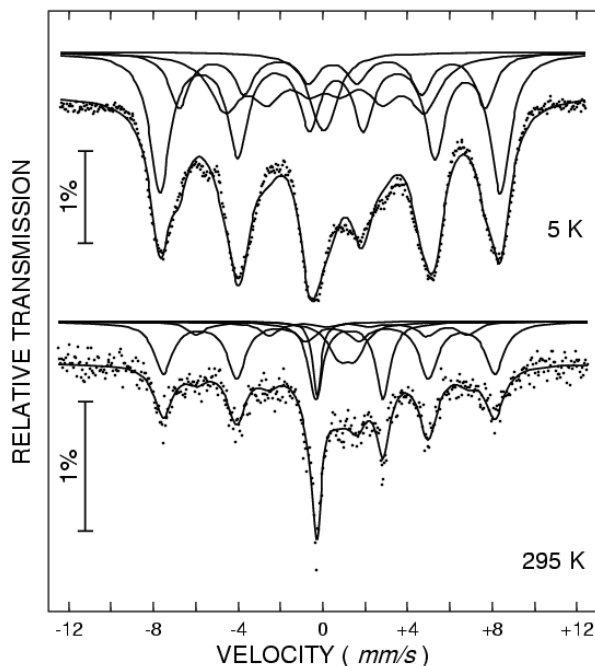


Fig.9. Spectre Mossbauer ale Probei ITP-11

Masuratorile efectuate au pus in evidenta existenta a unor specii ordonate magnetic, evidentiata prin sextete. In mod natural ariile sextetelor sunt majoritare, la temperaturi scazute, 5 K.

Sextetele cu linii de absorbtie in plaja de viteze +/- 8 mm/s apartin unor oxizi de fier cu structura spinelica, in care Fe se afla in starea de valenta +3 (Fe³⁺) si spin inalt (S= 5/2). Ponderea spinelilor, dedusa de ariile relative este de 66% la 5k si, respectiv 57% la 295 nK pentru proba ITP-1 si de 69 % la 5K pentru proba ITP-10.

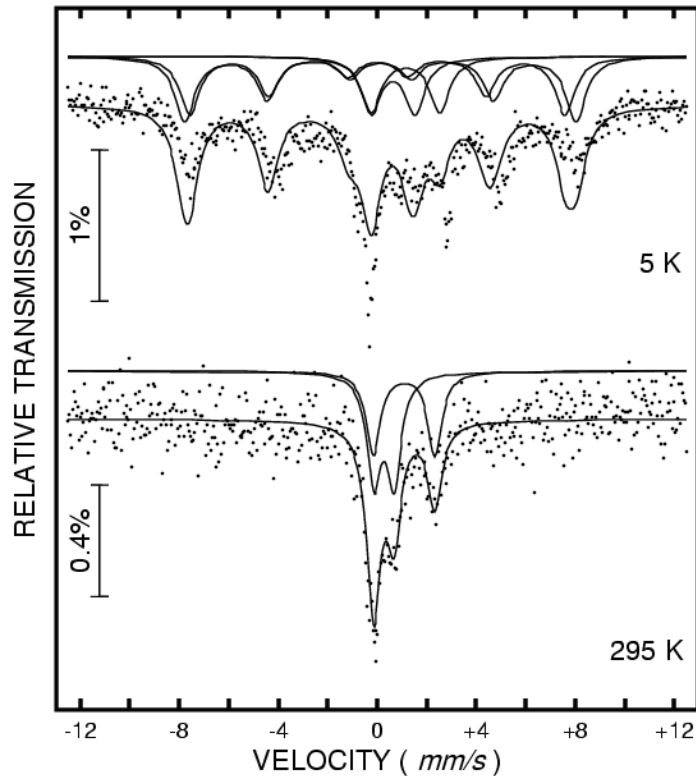


Fig. 10 Spectre Mossbauer ale probei ITP-10

Proba ITP-11 are componenta magnetica a unei specii de Fe^{2+} (cca 27 %) cu linii de absorbtie la viteze de +/- 4.5 mm/s si o componenta paramagnetica, sub forma unei linii centrale in jur de viteza zero, atribuita unei specii de Fe^{+3} .

Proba ITP-10 la 295 K arata un dublet cu despicare mica $QS = 0.80$ mm/s specific Fe^{+3} si alt dublet cu $QS = 2.48$ mm/s pt Fe^{+2} (pondere 44%).

In concluzie:

- Probele au aratat pentru prima data formarea unor specii ale fierului bivalent
- La concentratii mari de fier si mici de Si (ITP-10) nu se formeaza specii magnetice la camera
- In prezenta mai substantiala a Si (ITP-11) se formeaza specii magnetice cu Fe^{+2} la 5 K
- Speciile magnetice cu fier trivalent sunt spinelice

Compararea rezultatelor cu datele din literatura in privinta proprietatilor magnetice - proprietati magnetice TiO₂ cu FAZE de FIER (oxizi magnetici)

In literatura de specialitate ce trateaza fotocatalizatorii pe baza de dioxid de titan cu proprietati magnetice au fost raportate multe sisteme cu continut de nano-oxizi de fier sau nanoferite care le confera posibilitatea de a fi manipulate cu ajutorul unor câmpuri magnetice exterioare ce permit astfel recuperarea facilă a fotocatalizatorului aflat in suspensie in faza apoasă si eventual reciclarea acestuia. In tabelul urmator au fost rezumate performantele si compozitia unor astfel de sisteme

Descrierea sistemului magnetic/fotocatalitic	Referinta	Magnetizarea de saturatie [emu/g]	Coercitivitate [Oe]	Fazele prezente in sistem	Reciclabilitatea/substanta fotodegradata/radiatia folosita
Particule submicronice de TiO ₂ mezo-poros + nanoparticule de oxid de fier asamblate in coloidozomi (cristale coloidale)	[M01]	2.8	~ 0(su-per-para-mag.)	anatas, αFe ₂ O ₃	5 cicluri/colorant Orange II, /radiatie UV
Nanocompozit titania-silica cu nanoparticule de ferita de cobalt in diverse rapoarte molare (SiO ₂ :ferita de Co = 0.004;0.008;0.016;0.032	[M02]	38.3; 22.9; 43.5; 15.8	299; 332; 484; 299	TiO ₂ -SiO ₂ amorf, CoFe ₂ O ₄	6 cicluri/colorant Albastru de Metilen /radiatie UV
Nanocompozit titania – ferita de cobalt	[M03]	0.18	~1100	rutil, CoFe ₂ O ₄ , Co ₃ O ₄ , αFe ₂ O ₃	1 ciclu/colorant Rosu Reactiv 120/ radiatie vizi-bila (filament W)
Nanocompozit miez-coaja din nano-particule de oxid de fier acoperite cu silica si apoi cu titania	[M04]	46.5	<200 G	anatas, Fe ₃ O ₄ , SiO ₂ amorf	1 ciclu/colorant Metilorange/radiatie UV si Vizibila
Nanofibre din ferita de cobalt acoperite cu nanotitania	[M05]	33.2	894 G	anatas, rutil, CoFe ₂ O ₄ , CoTiO ₃ , FeTiO ₃	1 ciclu/colorant Albastru de Metil /radiatie UV
Nanocompozit miez-coaja din nano-particule de oxid de fier acoperite cu silica si apoi cu titania mezoporoasa	[M06]	38.7	~ 0(su-per-para-mag.)	anatas, Fe ₃ O ₄ ,	10 cicluri/colorant Rodamina B /radiatie UV

Nanocompozit miez-coaja din nanoparticule de oxid de fier acoperite cu silica si apoi cu titania	[M07]	28	~ 0(su- per- para- mag.)	anatas, rutil, Fe ₃ O ₄ ,	1 ciclu/ acid benzoic/ radiatie UV
Nanocompozit din sfere submicronice de oxid de fier in-velite in carbon si acoperite cu nanoparticule de titania	[M08]	56.1	~ 0(su- per- para- mag.)	anatas, Fe ₃ O ₄ ,	5 cicluri/colorant Albastru de Metilen /radiatie UV
Silice poroasa impregnata cu nanoparticule de oxid de fier (10 sau 15% Fe masic) si acoperita cu titania	[M09]	3.72; 5.33	~ 0(su- per- para- mag.)	anatas, rutil, Fe ₃ O ₄ ,	1 ciclu /colorant Rosu Reactiv Briliant X-3B/ radiatie UV si Vizibila
Agregate submicronice sferice compactizate de nano-oxid de fier acoperite cu o coaja comuna de titania	[M10]	mare	~ 0(su- per- para- mag.)	anatas, Fe ₃ O ₄	18 cicluri/ colorant Rodamina B /radiatie UV
Particule de carbune activ impregnate cu nanoparticule de titania si de ferita de Zn-Mn	[M11]	10.1	5.22	anatas, rutil, MnZnFe ₂ O ₄	5 cicluri/colorant Metilorange/ra- diatie UV
Nanocompozit din nanoparticule agregate de titania si magnetite cu raport molar TiO ₂ :Fe ₃ O ₄ de 4; 8 sau 10	[M12]	46.4; 28.9; 13.7	0.000 3 0.000 4 0.001 1 super- para- mag	anatas, Fe ₃ O ₄	1 ciclu /colorant Albastru de Metilen /radiatie UV
Nanocompozit din nanoparticule de titania combinate ce cele de magnetita cu ajutorul polielectro-litilor de semn opus (3, 8, 13, 20, 30 % masic maghemita)	[M13]	11.4	~20(~ su- per- para- mag.)	anatas, rutil, Fe ₃ O ₄ ,	4 cicluri / insecticid propaclor/ radiatie UV
Nanocompozit din nanoparticule de ferita de cobalt acoperite cu o coaja de titania (10, 15, 20, 30% masic ferita)	[M14]	~2.8; ~3.7; ~5.6; ~6.1	~1380 ; ~1380 ; ~2350	anatas, CoFe ₂ O ₄ ,	3 cicluri / colorant Albastru de Metilen /radiatie UV

Carbon activ impregnat cu nano-particule de oxid de fier spinelic si acoperit cu titania dopata cu azot	[M15]	~7	~2350 ~0(su- per- para- mag.)	anatas, $\gamma\text{Fe}_2\text{O}_3$	6 cicluri /colorant Rosu Reactiv Brilliant X-3B/ radiatie UV si Vizibila (Solara)
Carbon activ impregnat cu nano-particule de oxid de fier spinelic si acoperit cu titania (raport masic maghemita:carbon) de 1:5 sau 1:7	[M16]	2.2; 1.2	12; 11	anatas, $\gamma\text{Fe}_2\text{O}_3$	6 cicluri /fenol /radiatie UV
	[M17]	6.5	12.5		1 ciclu /fenol /radiatie UV
Nanoparticule de ferita de nichel acoperita cu silica si combinate cu nanoparticule de titania	[M18]	~1	~10(~ su- per- para- mag.)	anatas, rutil, NiFe_2O_4 ,	3 cicluri / colorant Metilorange/ra- diatie UV

După cum se poate observa, proprietatile magnetice ale sistemelor bayete pe titania si faze ce conțin fier sunt foarte diferite, cu magnetizari de saturatie maxime la temperatura camerei nu mult peste 50 emu/g datorita diluării magnetismului intrinsec al particulelor magnetice cu materialul nemagnetic provenit de la titania (si uneori si de la silica sau carbon). Exista si multe raportari de magnetizari de saturatie reduse, de pana la 6 emu/g, similar cu cele raportate la probele noastre de titania cu faze magnetice sintetizate prin piroliză laser. Desi par mici, aceste valori sunt suficiente pentru recuperarea si apoi reciclarea particulelor fotocatalitice din suspensii. In privinta coercivitatiei, se poate observa ca marea majoritate a compozitelor magnetice fotocatalitice sunt superparamagnetice sau apropiate de superparamagnetism, fapt pozitiv care se traduce prin lipsa atractiei magnetice intre particule in lipsa unui camp magnetic exterior, care ar duce la aglomerarea premature a suspensiilor si la diminuarea absorbtiei de lumina necesara proceselor fotocatalitice.

Referinte

- [M01] J.E. Chen, H.-Y. Lian, S. Dutta, S.M. Alshehri, Y. Yamauchi, M.T. Nguyen, T. Yonezawa, K.C.-W. Wu, Synthesis of magnetic mesoporous titania colloidal crystals through evaporation induced self-assembly in emulsion as effective and recyclable photocatalysts, *Phys.Chem.Chem.Phys.* 17(2015) 27653-26657.
- [M02] F.A. Harraz, R.M. Mohamed, M.M. Rashad, Y.C. Wang, W. Sigmund, Magnetic nanocomposite based on titania-silica/cobalt ferrite for photocatalytic degradation of methylene blue dye, *Ceramics International* 40 (2014) 375-384.

- [M03] P. Sathishkumar, R. V. Mangalaraja, S. Anandan, M. Ashokkumar, CoFe₂O₄/TiO₂ nanocatalysts for the photocatalytic degradation of Reactive Red 120 in aqueous solutions in the presence and absence of electron acceptors, *Chem. Eng. J.* 220 (2013) 302–310.
- [M04] C. Xue, Q. Zhang, J. Li, X. Chou, W. Zhang, H. Ye, Z. Cui, P.J. Dobson, High photocatalytic activity of Fe₃O₄-SiO₂-TiO₂ functional particles with core-shell structure, *J. Nanomaterials* Vol. 2013, Article ID 762423, 8 pag..
- [M05] C.-J. Li, J.-N. Wang, B. Wang, J.R. Gong, Z. Lin, A novel magnetically separable TiO₂/CoFe₂O₄ nanofiber with high photocatalytic activity under UV–vis light, *Mater. Res. Bull.* 47 (2012) 333–337.
- [M06] Q. Yuan, N. Li, W. Geng, Y. Chi, X. Li, Preparation of magnetically recoverable Fe₃O₄@SiO₂@ meso-TiO₂ nanocomposites with enhanced photocatalytic ability, *Mater. Res. Bull.* 47 (2012) 2396-2402.
- [M07] T.-L. Su, C.-S. Chiou, H.-W. Chen, Preparation, photocatalytic activity, and recovery of magnetic photocatalyst for decomposition of benzoic acid, *Int. J. Photoenergy* Vol.2012, Article ID 909678, 8 pag..
- [M08] F. Shi, Y. Li, Q. Zhang, H. Wang, Synthesis of Fe₃O₄/C/TiO₂ Magnetic photocatalyst via Vapor Phase Hydrolysis, *Int. J. Photoenergy* Vol.2012, Article ID 365401, 8 pag..
- [M09] C. Wang, Y. Ao, P. Wang, J. Hou, J. Qian, A facile method for the preparation of titania-coated magnetic porous silica and its photocatalytic activity under UV or visible light, *Colloids Surf. A* 360 (2010) 184–189.
- [M10] M. Ye, Q. Zhang, Y. Hu, J. Ge, Z. Lu, L. He, Z. Chen, Y. Yin, Magnetically recoverable core–shell nanocomposites with enhanced photocatalytic activity, *Chem. Eur. J.* 2010, 16, 6243 – 6250.
- [M11] S. Wang, S. Zhou, Titania deposited on soft magnetic activated carbon as a magnetically separable photocatalyst with enhanced activity, *Appl. Surf. Sci.* 256 (2010) 6191–6198.
- [M12] L. Yuxiang, Z. Mei, G. Min, W. Xidong, Preparation and properties of a nano TiO₂/Fe₃O₄ composite superparamagnetic photocatalyst, *Rare Metals* 28 (2009) 423-427.
- [M13] V. Belessi, D. Lambropoulou, I. Konstantinou, R. Zboril, J. Tucek, D. Jancik, T. Albanis, D. Petridis, Structure and photocatalytic performance of magnetically separable titania photocatalysts for the degradation of propachlor, *Appl. Catal. B* 87 (2009) 181–189.
- [M14] H. Li, Y. Zhang, S. Wang, Q. Wu, C. Liu, Study on nanomagnets supported TiO₂ photocatalysts prepared by a sol–gel process in reverse microemulsion combining with solvent-thermal technique, *J. Hazard. Mater.* 169 (2009) 1045–1053.
- [M15] Y. Ao, J. Xu, S. Zhang, D. Fu, Synthesis of a magnetically separable composite photocatalyst with high photocatalytic activity under sunlight, *J. Phys. Chem. Solids* 70 (2009) 1042–1047.
- [M16] Y. Ao, J. Xu, Degang Fu, X. Shen, C. Yuan, A novel magnetically separable composite photo-catalyst: Titania-coated magnetic activated carbon, *Sep. Purif. Technol.* 61 (2008) 436–441.
- [M17] Y. Ao, J. Xu, X. Shen, D. Fu, C. Yuan, Magnetically separable composite photocatalyst with enhanced photocatalytic activity, *J. Hazard. Mater.* 160 (2008) 295–300.
- [M18] X. Shihong, S. Wenfeng, Y. Jian, C. Mingxia, S. Jianwei, Preparation and photocatalytic properties of magnetically separable TiO₂ supported on Nickel ferrite, *Chin. J. Chem. Eng.* 15 (2007) 190—195.

Articole publicate in reviste cotate ISI (trimise din 2014):

C.T. Fleaca, M. Scarisoreanu, I. Morjan, C. Luculescu, A.-M. Niculescu, A. Badoi, E. Vasile, G. Kovacs “**Laser oxidative pyrolysis synthesis and annealing of TiO₂ nanoparticles embedded in carbon-silica shells/matrix**” *Appl. Surf. Sci.* 336 (2015) 226-233

M. Scarisoreanu, C.-T. Fleaca, I. Morjan, I.P. Morjan, A.-M. Niculescu, E. Dutu, A. Badoi, R. Birjega, C. Luculescu, E. Vasile, V. Danciu, G. Filoti “**Synthesis and photocatalytic properties of novel multifunctional TiO₂-based magnetic nanocomposite**” *Appl. Surf. Sci.* 336 (2015) 335-342

Diseminare pe anul 2015

Prezentări la Conferințe Internaționale:

1. M. Scarisoreanu, C. Fleaca, I. Morjan, A.-M. Niculescu, C. Luculescu, I.P. Morjan, E. Dutu, A. Badoi, A. Ilie, E. Vasile, V. Danciu “One-step synthesis of TiO₂/SnO₂ nanocomposites and their photocatalytic performance” E-MRS Spring Meeting, Lille, France, May 11-15, 2015

2. C. Fleaca, M. Scarisoreanu, I. Morjan, C. Luculescu, A.-M. Niculescu, A. Badoi, E. Vasile, V. Danciu “Characterization and photocatalytic properties of blue core-shell TiO₂/SiO₂/C nanocomposites obtained via laser pyrolysis” 11th Int. Conf. "Micro- to Nano-Photonics IV-ROMOPTO 2015", Bucharest, Romania, September 1-4, 2015

Director Proiect,

Dr. Claudiu Fleaca

