

RECEȚIONAT

Agencia Națională pentru
Cercetare și Dezvoltare _____

" " _____ 2024

AVIZAT

Secția AȘM _____

" " _____ 2024

RAPORT ȘTIINȚIFIC FINAL
pentru perioada 2020-2023
privind implementarea proiectului din cadrul
Programului de Stat (2020-2023)

**Proiectul: „Calcogenuri sticloase cu rețele spațiale autoorganizate pentru
bioinginerie”**

Cifrul proiectului 20.80009.5007.21

Prioritatea Strategică V „Competitivitate economică și tehnologii inovative”

Rector U.T.M. dr. hab. Viorel BOSTAN
(numele, prenumele)


(semnătura)

Consiliul științific UTM dr. hab. Vasile TRONCIU
(numele, prenumele)


(semnătura)

Conducătorul proiectului Dr. hab. Dumitru ȚIULEANU
(numele, prenumele)


(semnătura)



Chișinău 2024.

CUPRINS:

1. Scopul, obiectivele și rezultatele planificate și realizate pe parcursul anilor 2020-2023
2. Impactul științific, social și/sau economic al rezultatelor științifice obținute
3. Diseminarea rezultatelor obținute în proiect 2020-2023
4. Rezumatul activității și a rezultatelor obținute în proiect în limba română (Anexa nr. 1)
5. Rezumatul activității și a rezultatelor obținute în proiect în limba engleză (Anexa nr. 1)
6. Lista publicațiilor științifice pentru perioada 2020-2023 (Anexa nr. 2)
7. Volumul total al finanțării proiectului pentru perioada 2020-2023 (Anexa nr. 3)
8. Componența echipei pe parcursul anilor 2020-2023 (Anexa nr. 4)
9. Raportarea indicatorilor (Anexa nr. 5)

1. Scopul proiectului

Obținerea calcogenurilor în care poate avea loc fenomenul de formare a rețelelor spațiale autoorganizate, filmelor subțiri și nanocompozitelor în baza lor, studiul lor profund pentru elaborarea de microdispozitive efective noi cu comutare electronică și traductori chimici operabili la temperatura camerei.

Obiectivele proiectului 2020–2023

1. Sinteza unor compoziții de materiale calcogenice din sistemul ternar As -S- Ge, precum și celor pseudobinare $\text{GeS}_4 - \text{AsS}_3$, în care ar putea exista faze structurale cu rețele spațiale autoorganizate și care s-ar afla departe de regiunile cu faze separate la nivel nanodimensional.
2. Pregătirea mostrelor masive de sticle calcogenice $\text{GeS}_4 - \text{AsS}_3$, GeS_2 și As_2S_3 pentru spectroscopia micro – Raman.
3. Studiul minuțios al structurii de fază, volumului molar și vitezei propagării undelor ultrasonore, dependent de compoziția chimică și numărul mediu de coordinare al atomilor;
4. Determinarea constantelor elastice și evidențierea compozițiilor cu rețele spațiale auto - organizate.
5. Elaborarea tehnologiei de fabricare și fabricarea în condiții de laborator a filmelor subțiri de calcogenuri cu rețea spațială autoorganizată, utilizând metode fizice cum ar fi evaporarea /sublimarea termică în vid, studiul structurii lor de fază, morfologiei, dependent de condițiile tehnologice de preparare și tratări post – fabricare.
6. Studiul împrăștierii Raman în calcogenuri $(\text{GeS}_4)_x - (\text{AsS}_3)_{1-x}$, confirmarea fazelor și compozițiilor cu structură autoorganizată, identificarea particularităților și pricinelor autoorganizării rețelei spațiale.
7. Elaborarea tehnologiei de fabricare, realizarea și caracterizarea micro-dispozitivelor cu comutare electronică bazate pe nanocompozite Ag:As-S-Ge din calcogenuri $(\text{GeS}_4)_x (\text{AsS}_3)_{1-x}$, cu rețea spațială autoorganizată, estimarea parametrilor funcționali a traductorilor de gaze toxice, funcționabili la temperatura camerei, bazați pe elemente constructive din aceste nanocompozite.
8. Trasarea concluziilor și formularea recomandărilor de elaborare și implementare în bio-inginerie a micro-dispozitivelor noi cu comutare electronică, baze pe calcogenuri cu rețea spațială autoorganizată






2. Rezultate planificate conform proiectului depus




1. Obținerea materialelor sticloase din sistemul ternar As-S-Ge, într-o gamă de compoziții corespunzătoare, care ar putea cuprinde și o regiune de formare a fazelor cu structură autoorganizată. Accent s-a pus pe secțiunea compozițională cuazi-binară $\text{GeS}_4 - \text{AsS}_3$, și a sticlelor calcogenice binare model GeS_2 , As_2S_3 , din afara acestei secțiuni. Concomitent s-a planificat pregătirea mostrelor masive din aceste sticle pentru studiul împrăștierii Raman.
2. Studiul spectrelor Raman în domeniul $70 - 550 \text{ cm}^{-1}$ la lungimea de unda de excitare 633 nm pentru mostre în vrac de calcogenuri $(\text{GeS}_4)_x(\text{AsS}_3)_{1-x}$, evidențierea compozițiilor ce posedă autoorganizare a rețelei spațiale.
3. Determinarea densității și volumului molar ale sticlelor calcogenice sintetizate binare GeS_2 , As_2S_3 și pseudobinare $\text{GeS}_4 - \text{AsS}_3$. Stabilirea legăturilor dependențelor densității și volumului molar al acestor substanțe de compoziția lor și numărul mediu de coordinație al atomilor.
4. Studiul propagării undelor ultrasonore longitudinale, determinarea vitezei de propagare a acestor unde și a modulului de elasticitate longitudinal, precum și stabilirea și dependențelor de numărul mediu de coordinație al atomilor și compoziția chimică a calcogenurii sticloase.
5. Studiul minuțios al structurii de fază prin stabilirea și ansliza tablourilor difracției razelor "X" în calcogenurile sticloase din sistemul $(\text{GeS}_4)_x(\text{AsS}_3)_{1-x}$, precum și al sticlelor binare model GeS_2 și As_2S_3 , determinarea parametrilor de structură intermediară (moleculară) în corelație cu proprietățile fizico-chimice și elastice ale calcogenurilor în cauză.
6. Elaborarea condițiilor de fabricare a filmelor subțiri bazate pe calcogenuri sticloase din sistemul As-S-Ge prin creșterea lor fizică utilizând evaporarea termică în vid, continuă ori discretă (explozie). Creșterea peliculelor subțiri bazate pe calcogenuri sticloase $(\text{GeS}_4)_x(\text{AsS}_3)_{1-x}$, GeS_2 și As_2S_3 , pe substraturi din Pyrex, Si și cuarț (SiO_2)
7. Studiul morfologiei superficiale, compoziției chimice, structurii de fază și celei moleculare ale filmelor $(\text{GeS}_4)_x(\text{AsS}_3)_{1-x}$ crescute pe substraturi din Si și cuarț determinarea efectului influenței tratării termice post-fabricare asupra morfologiei, omogenității, structurii de fază și compoziției lor chimice.
8. Obținerea spectrelor Raman în domeniul $70 - 550 \text{ cm}^{-1}$ la lungimea de unda de excitare 633 nm pentru mostre în vrac de calcogenuri $(\text{GeS}_4)_x(\text{AsS}_3)_{1-x}$ și analiza lor minuțioasă cu scopul evidențierii compozițiilor în care se realizează autoorganizarea rețelei spațiale.
9. Elaborarea arhitecturii construcției și tehnologiei de fabricare a micro-dispozitivelor cu comutare electronică bazate pe electroliți solizi din calcogenuri sticloase.
10. Realizată fabricarea micro-dispozitivelor cu comutare electronică bazate pe nanocompozite din calcogenuri ale sistemului ternar $(\text{GeS}_4)_x(\text{AsS}_3)_{1-x}$ cu rețea spațială autoorganizată, studiul caracteristicilor lor conductive și de comutare, precum și posibilitatea utilizării lor în traductori chimici funcționabili la temperatura camerei.

3. Rezultatele obținute (descriere narativă 3-5 pagini)

1. Au fost elaborate procedeele tehnologice de obținere a materialelor sticloase calcogenice ternare cu concentrație sporită de sulf de-a lungul secțiunii pseudobinare $\text{GeS}_4 - \text{AsS}_3$, precum și a sticlelor calcogenice binare model $\text{GeS}_2, \text{As}_2\text{S}_3$, realizată sinteza lor, precum și pregătirea mostrelor masive ale acestor sticle pentru analiza structurală prin spectroscopia Raman. Sinteza calcogenurilor sticloase indicate mai sus a fost realizată prin metoda amestecării și topirii elementelor componente în vid. S-a ținut cont că aceste calcogenuri vor conține o concentrație sporită de sulf, fapt ce complică procesul tehnologic de sinteză datorită stratificării aliajului sticlos la solidificare. În această ordine de idei, a fost necesară realizarea sintezei în câteva etape cu o amestecare continuă a aliajului în stare lichidă, urmată de o răcire bruscă (călire) la stadia obținerii solidului sticlos. În așa mod, au fost sintetizate materiale calcogenice binare și ternare, compoziția cărora este specificată în Tabelul 1. și este indicată mai apoi în Fig. 5 (a) pe triunghiul compozițional As-S-Ge. Starea sticloasă se adevărește și de aspectul exterior (fizic) al despicăturii tuturor materialelor sintetizate care este asemănător unei scoici (Ultima colopană a Tab. 1). Compoziția elementară a sticlelor sintetizate a fost studiată utilizând spectroscopia cu raze X cu dispersie de energie (INCA Energy 200 EDX, OXFORD Instruments) cuplată cu microscopia electronică cu scanare (VEGA TESCAN TS 5130 MM (TESCAN, Cehia). Rezultatele obținute sunt date în Tabelul 1 împreună cu calculele aplicate compoziției elementare pentru sinteză și diferența lor absolută (Δ). Se vede că datele experimentale măsurate prin EDX sunt bine corelate cu cele calculate preliminar pentru sintetizarea sticlei și se încadrează în incertitudinea experimentală de 1 - 2 at.% a spectroscopiei EDX.

Tabelul 1. Compoziția chimică, aspectul vizual, analiza elementală (EDX), densitatea, modulul elastic și parametrii structurii intermediare (MRO) în sticlele calcogenice $(\text{GeS}_4)_x(\text{AsS}_3)_{1-x}$.

N	Formula chimică	[x]	Compoziția elementală EDX				ρ , kg/m ³	v_t , m/s	C_L , kbar	d , [Å]	D, [nm]	Viz
			As at%	S at%	Ge at%	Δ at%						
1	$\text{As}_{25} \text{S}_{75}$	0	24.33	75.67	0	1.0	2678	2360	149,159	4,67	2,015	
2	$\text{Ge}_4 \text{As}_{20} \text{S}_{76}$	0.17	19.86	76.41	3.73	0.82	2687	2430	158,665	4,64	1,868	
3	$\text{Ge}_{7,7} \text{As}_{15,3} \text{S}_{77}$	0.33	16.39	76.46	7.15	1.84	2618	2470	159,722	4,34	1,193	
4	$\text{Ge}_{11,1} \text{As}_{11,1} \text{S}_{77,8}$	0.5	11.64	77.41	10.94	0.99	2574	2465	155,768	4,38	1,248	
5	$\text{Ge}_{14,3} \text{As}_{7,1} \text{S}_{78,6}$	0.67	7.60	78.45	13.94	1,01	2545	2480	156,528	4,60	1,363	

6	$\text{Ge}_{17,2} \text{As}_{3,5} \text{S}_{79,3}$	0.83	4,12	79,63	16,25	1,9	2486	2480	152,899	5,30	1,913	
7	$\text{Ge}_{20} \text{S}_{80}$	1.00	0	80,68	19,32	1,0	2455	2480	150,992	5,37	1,895	
8	As_2S_3		39,16	60,84	0	1,0	3160	2360	175,999	4,47	1,261	

2. Au fost determinate densitățile și volumele molare ale sticlelor calcogenice pseudobinare $\text{GeS}_4 - \text{AsS}_3$, precum și a sticlelor calcogenice binare model GeS_2 , As_2S_3 și stabilite legăturile dependenții acestor mărimi fizico – chimice de compoziția și numărul mediu de coordinație al atomilor. Densitatea (ρ) sticlelor calcogenice studiate, precum și dependența sa de compoziția chimică a substanței în cauză a fost determinată cu precizia de $\pm 0.2\%$ prin metoda cântăririi hidrostactice în toluen. Valorile măsurate ale densității materialului sticlos sunt enumerate în Tabelul 1, iar dependența sa compozițională este prezentată în Fig. 1(a). Se poate observa că înlocuirea atomilor de As cu cei de Ge la început aduce la creșterea densității materialului, care după atingerea unui maxim slab în jurul valorii $x = 0.17$ (mai asemănător cu un umăr) scade aproape liniar. În plus, trebuie menționat că densitatea As_2S_3 , care este un compus sticlos stoichiometric, este de 3160 g/m^3 , adică mult mai mare decât densitatea oricărei compoziții nestoichiometrice a sistemului $\text{AsS}_3 - \text{GeS}_4$ în cauză.

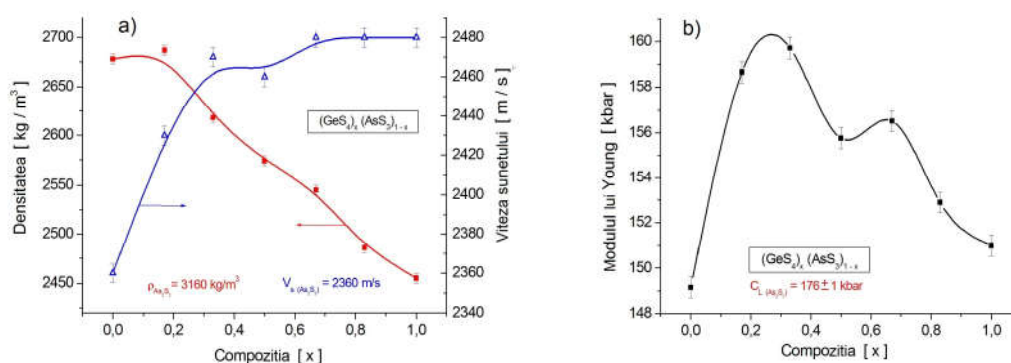


Fig. 1. Dependența densității și vitezei de propagare a undelor ultrasonore longitudinale de compoziția sticlei calcogenice.

3. A fost realizat studiul propagării undelor ultrasonore longitudinale, determinată viteza de propagare a acestor unde, precum și modulul de elasticitate longitudinal dependent de compoziția chimică a calcogenurii și numărul mediu de coordinație al atomilor. În Fig. (1a) este reprezentată, de asemenea, dependența vitezei undelor ultrasonore longitudinale (15 MHz) de compoziția sticlei. S-a stabilit că cea mai mică viteză a sunetului $v_l = 2360 \text{ m/s}$ (Tabelul 1) o posedă sticlele calcogenice binare atât stoichiometrice (As_2S_3) cât și ne stoichiometrice (AsS_3), care nu conțin Ge. Adăugarea de Ge chiar și în cantități mici duce la o creștere bruscă a vitezei

sunetului, care se saturează la aproximativ 15 at.% Ge, adică la compoziția $(\text{GeS}_4)_{0,67}(\text{AsS}_3)_{0,33}$. Pe lângă aceasta, s-a distins clar un maxim slab al vitezei sunetului în jurul compoziției $\text{Ge}_{7,7} \text{As}_{15,3} \text{S}_{77}$. Datele experimentale obținute pentru viteza de propagare a undei longitudinale v_l și cele obținute pentru densitatea materialelor sticloase în cauză ρ au fost utilizate pentru calculul modulului de elasticitate longitudinal $C_L = \rho v_l^2$ și evidențierea dependenței sale de compoziția calcogenurii sticloase. Rezultatele calculului sunt listate în Tabelul 1, dar dependența grafică a modulului Young de compoziția materialului este reprezentată în Fig. 1(b). Se poate observa că modulul elastic longitudinal este puternic dependent de compoziție, în care se evidențiază două maxime: cel mai mare în jurul compoziției deja menționate $\text{Ge}_{7,7} \text{As}_{15,3} \text{S}_{77}$ și unul mai mic la compoziția nr. 5 ($\text{Ge}_{14,3} \text{As}_{7,1} \text{S}_{78,6}$).

4. A fost realizat studiul difracției razelor X în calcogenurile sticloase din sistemul $(\text{GeS}_4)_x(\text{AsS}_3)_{1-x}$, precum și al sticlelor binare model GeS_2 și As_2S_3 . Cu o atenție deosebită a fost analizat primul maxim îngust de difracție (PMÎD) al haloului de difracție al razelor X, care e considerat ”semnătura” ordinii la distanță medie (MRO). Determinarea parametrilor PMÎD, adică poziția lui unghiulară și lățimea completă la jumătatea maximului a permis estimarea perioadei structurale dintre domeniile de ordine intermediară (d), precum și dimensiunile acestor domenii (D). Calculele au fost realizate utilizând respectiv ecuația lui Bragg $d = \lambda / 2 \sin \theta$ și Scherrer $D = (K \lambda / \beta_{\text{FSDP}} \cos \theta_{\text{FSDP}}) \cdot 360 / 2\pi$. Valorile calculate sunt date în Tabelul 1, dar dependența lor compozițională este prezentată în Fig.2 (a). Se vede ca la substituirea atomilor de As cu cei de Ge se modifică ne monotonic atât dimensiunile domeniilor (D) cât și distanțele dintre ele (d). Mai mult, din Fig. 2 se poate observa o corelație între dependențele compoziționale ale acestor parametri structurali de ordin mediu, care prezintă minime clare și profunde în jurul compoziției $\text{Ge}_{7,7} \text{As}_{15,3} \text{S}_{77}$.

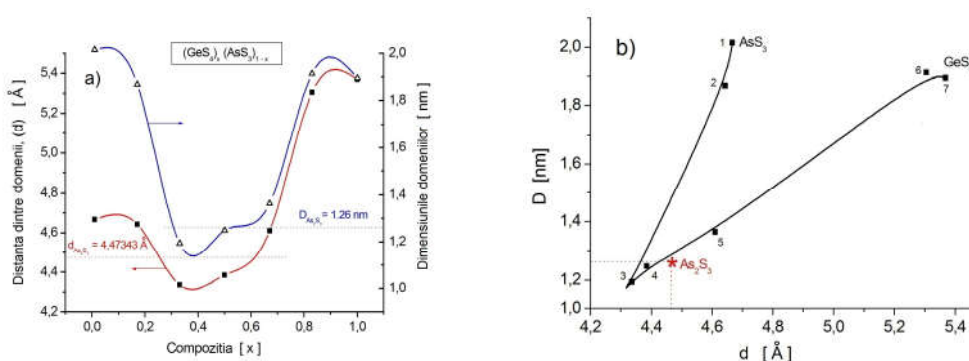


Fig. 2. Distanța între domenii și dimensiunea medie a domeniilor corelate față de compoziția sticlei (a) și dependența dimensiunilor domeniilor de distanța dintre ele (b).

Pentru a urmări această corelație, am luat în considerare dependența dimensiunii domeniilor față de distanțele dintre domenii (Fig.2 b). Din această reprezentare s-a relevat faptul că pornind de la compoziția nr.3 ($\text{Ge}_{7,7} \text{As}_{15,3} \text{S}_{77}$), adăugarea fie a As (până la AsS_3) fie a Ge

(până la GeS_4) duce la creșterea aproape liniară (cu pante diferite) a dimensiunii domeniilor cu creșterea distanței dintre ele. Astfel, sticlele calcogenice, care conțin aproximativ 8 at.% Ge au cea mai „îndesată” structură de ordin mijlociu

5. A fost identificat procesul tehnologic de fabricare a filmelor subțiri bazate pe materiale sticloase binare As_2S_3 și GeS_2 precum și cele ternare din sistemul $(\text{GeS}_4)_x(\text{AsS}_3)_{1-x}$ prin metoda evaporării termice rapide în vid, din evaporator de tip închis, încălzit brusc până la temperaturi mult mai mari decât temperatura de înmuiere a materialului sticlos sursă. Au fost crescute filme corespunzătoare de diferite grosimi pe substraturi de Pyrex, cuarț (SiO_2) și Si monocristalin (Fig.3a). Compoziția elementală filmelor obținute realizată cu spectroscopul cu raze „X” cu dispersie de energie a razelor X (EDX, Bruker, AXS Microanalysis GmbH Berlin, Germany) cuplat cu microscopul electronic cu baleiaj Zeiss EVO 50 XVP, sunt prezentate în Fig.1 (b) comparativ cu compoziția chimică elementală a mostrelor masive de calcogenuri utilizate ca surse de evaporare. S-a stabilit că în limitele erorii experimentale EDX, concentrația atât a atomilor Ge, cât și a atomilor As rămâne aceeași cu concentrația lor în vrac (sub-figurile: a, b), ceea ce nu poate fi susținut referitor la concentrația de sulf (sub-figura: c), care dependent de compoziția materialului în vrac se pierde în mici cantități.

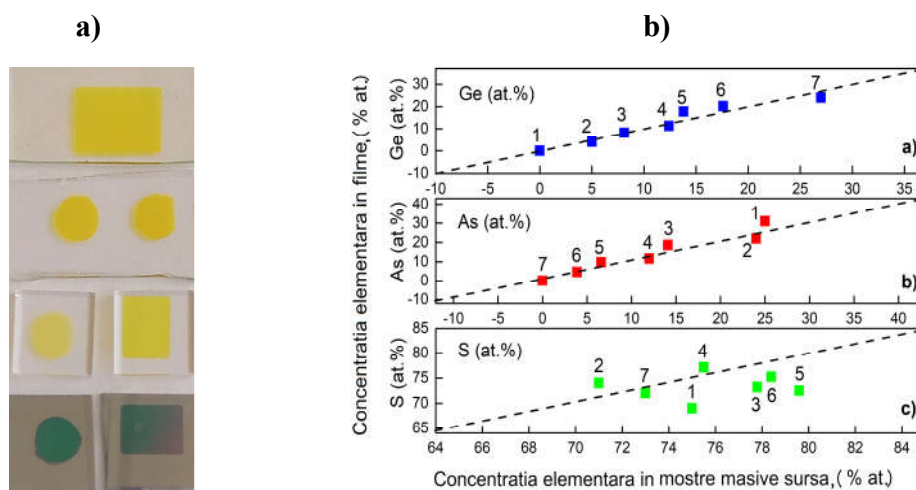


Fig.3 a) Aspectul filmelor subțiri de calcogenuri sticloase din sistemul As-S-Ge crescute pe substraturi de Pyrex, cuarț și Si; b) Concentrația elementală (EDX) a filmelor crescute față de cea a probelor în vrac (sursă), separat pentru componentele Ge (a), As (b) și S (c).

Compoziția elementală filmelor obținute realizată cu spectroscopul cu raze „X” cu dispersie de energie a razelor X (EDX, Bruker, AXS Microanalysis GmbH Berlin, Germany) cuplat cu microscopul electronic cu baleiaj Zeiss EVO 50 XVP, sunt prezentate în Fig.1 (b) comparativ cu compoziția chimică elementală a mostrelor masive de calcogenuri utilizate ca surse de evaporare. S-a stabilit că în limitele erorii experimentale EDX, concentrația atât a atomilor Ge, cât și a atomilor As rămâne aceeași cu concentrația lor în vrac (sub-figurile: a, b), ceea ce nu poate fi susținut referitor la concentrația de sulf (sub-figura: c), care dependent de compoziția materialului în vrac se pierde în mici cantități.

6. A fost realizat studiul morfologiei superficiale, compoziției chimice, structurii de fază și celei moleculare ale filmelor $(\text{GeS}_4)_x(\text{AsS}_3)_{1-x}$ crescute pe substraturi din Si și cuarț și determinată influenței tratării termice post - fabricare asupra morfologiei, omogenității, structurii de fază și compoziției lor chimice. Analiza morfologiei superficiale ale filmelor $(\text{GeS}_4)_x(\text{AsS}_3)_{1-x}$ crescute prin evaporare termică în vid a demonstrat că independent de compoziția chimică și natura substratului, sunt netede și fără urme de cristalite, ceea ce indică starea lor vitroasă. Stabilitatea filmelor crescute a fost cercetată prin tratarea lor termică în vid timp de 24 h, la temperaturi apropiate punctelor de înmuiere a sticlelor calcogenice respective. S-a stabilit că tratamentul termic practic nu influențează compoziția elementară a filmelor crescute pe substraturi din Si, iar cele crescute pe cuarț sunt mai puțin stabile referitor la concentrația de As și S. Studiul difracției razelor "X" în filmele subțiri ale calcogenurilor sticloase $(\text{GeS}_4)_x(\text{AsS}_3)_{1-x}$, precum și sticlei model As_2S_3 , crescute pe substraturi de Si mono-cristalin a fost realizat pentru intervalul unghiular $2\theta = 15 \div 70$ grad. Analiza tabloului de difracție a demonstrat că în filme subțiri, spre deosebire de materialele în vrac (surse), primul maxim îngust de difracție (PMÎD) al razelor "X", devine cel mai intens, fapt ce indică la trecerea structurii sticlei de la cea atomară la moleculară (Fig.4).

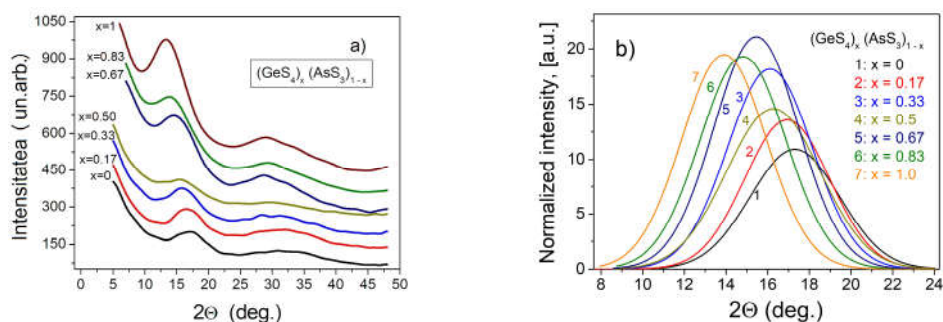


Fig. 4 Tabloul XRD a filmelor subțiri $(\text{GeS}_4)_x(\text{AsS}_3)_{1-x}$ crescute pe substraturi de Si: a) original; b) PMÎD după extracția de fundal și modelarea cu funcția Gauss, normalizat la grosimea filmului.

7. Prin studiul împrăștierii Raman în calcogenurile $(\text{GeS}_4)_x(\text{AsS}_3)_{1-x}$, indicate pe diagrama din Fig.5 (a) au fost identificate douăsprezece moduri, cu intensități dependente de compoziție (indicate prin săgeți în Fig.5(b), din care cele mai intensive sunt :
- Picuri vibraționale la 151 , 219 și 473 cm^{-1} , comune pentru toate compozițiile, care au fost atribuite modurilor de întindere ale *legaturilor S-S în inele și lanțuri*.
 - Un maxim ascuțit 343 cm^{-1} , comun pentru compozițiile ce conțin mai mult de $\sim 11 \%$ at. din Ge, care este un mod activ Raman atribuit vibrațiilor de întindere *in tetraedre GeS_4 cu partajare- colț*.
 - Două picuri individuale ale compozițiilor 1÷3, care conțin mai puțin de $\sim 11 \%$ Ge:
 - Picul și umărul la 336 cm^{-1} și respectiv 360 cm^{-1} în spectrul AsS_3 (comp.1);
 - Banda largă, intensivă, în intervalul $280 \div 420 \text{ cm}^{-1}$, fără moduri vibraționale evidente, observată în spectrele compozițiilor $\text{Ge}_4 \text{As}_{20} \text{S}_{76}$ și $\text{Ge}_{7,7} \text{As}_{15,3} \text{S}_{77}$ (comp.2 și 3).

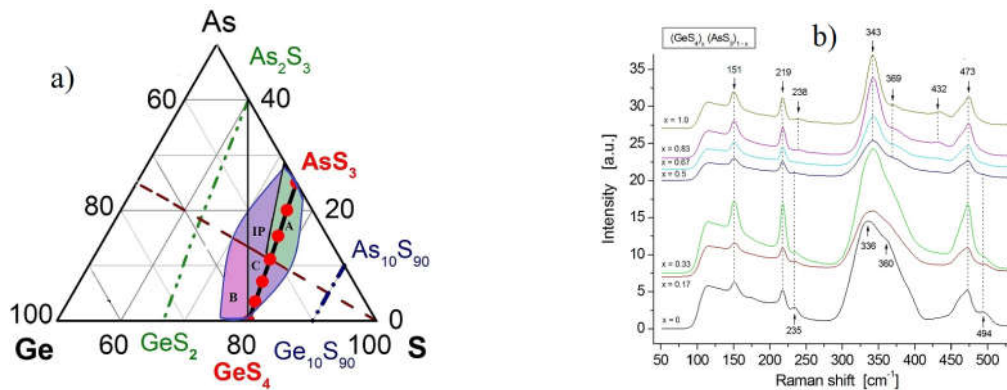


Fig. 5. a) Triunghiul compozițional al sistemului ternar As-S-Ge, care cuprinde secțiunea pseudo-binară $(\text{GeS}_4)_x(\text{AsS}_3)_{1-x}$, cu compozițiile studiate, marcate prin cercuri roșii umplute; b) Spectrele Raman și cele 12 moduri vibraționale active (indicate cu segeți) identificate în sticlele calcogenice în vrac din sistemul $(\text{GeS}_4)_x(\text{AsS}_3)_{1-x}$.

În rezultatul analizei minuțioase a acestor spectre, realizată cu scopul evidențierii compozițiilor în care se realizează autoorganizarea rețelei spațiale, a fost constituită **Diagrama** dependenței intensității de împrăștiere normalizate A_k / A_t a principalelor moduri Raman individuale (k) (A_t este aria integrată totală a tuturor modurilor relevante în intervalul de număr de undă $75 - 550 \text{ cm}^{-1}$), dependent de compoziția sticlei și numărul mediu de coordonare $\langle r \rangle$ (Fig. 6 a). Din această diagramă s-a constatat că **intensitatea de împrăștiere** în modurile asociate cu diferite clusterelor variază nemonoton cu modificarea compoziției în așa mod că: în jurul compoziției nr.3 ($\text{As}_{15,3} \text{S}_{77} \text{Ge}_{7,7}$) scade intensitatea de împrăștiere pentru clusterelor de sulf (S-S) și a modului 354 cm^{-1} , asociat cu întinderea simetrică în piramidele $\text{AsS}_{3/2}$, în schimb crește brusc puterea de împrăștiere în modurile atribuite întinderii simetrice (Fig.6 b) și asimetrice în blocurile flexibile cuazi tetraedrale (QT) $\text{S}=\text{As}(\text{S}_{1/2})_3$, care conform calculului bazate pe primul principiu al teoriei funcționale a densității stărilor vibraționale contribuie și sunt pricina de bază a autoorganizării structurii spațiale a sticlei.

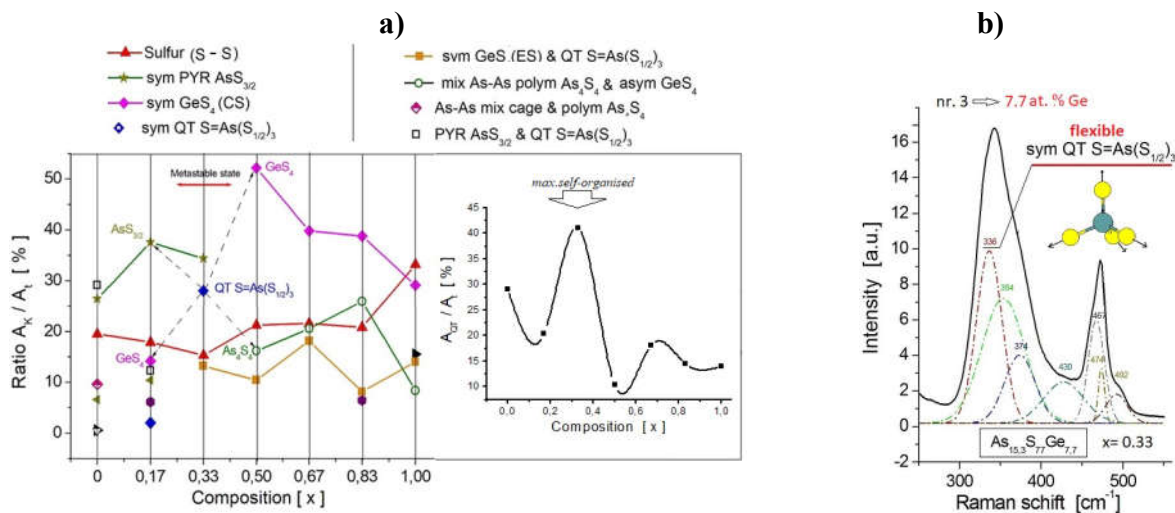


Fig. 6 a) Tendințele compoziționale ale intensității de împrăștiere Raman normalizate A_k / A_t , identificate în calcogenurile $(\text{GeS}_4)_x(\text{AsS}_3)_{1-x}$; b) Deconvoluția spectrului Raman pentru sticla calcogenocă $\text{Ge}_{7,7} \text{As}_{15,3} \text{S}_{77}$ cu rețea spațială autoorganizată.

Este important că anume în jurul acestei compoziții au loc transformări radicale la nivel molecular, identificate anterior prin studiul difracției razelor "X", și anume: se micșorează bruscă a parametrilor structurii de ordin mediu (Fig. 2), în timp ce modulul elastic atinge valoarea sa maximă (Fig. 1). Aceste rezultate ne-au motivat să admitem, că această compoziție sticloasă calcogenică, poate avea și alte proprietăți fizice remarcabile care pot fi utilizate în practică, inclusiv la elaborarea micro-dispozitivelor cu comutare electronică bazate pe electroliți solizi din acest material sticloas.

8. Prin foto-dizolvarea Ag în filme de calcogenuri sticloase (Fig 7a), inclusiv $(\text{GeS}_4)_x (\text{AsS}_3)_{1-x}$ cu structură autoorganizată, au fost obținute și caracterizate nanocompozite cu conductivitate ionică, adică electroliți solizi (ES). Viteza de formare a ES (Fig 7b), precum și conductivitatea electrică (Fig 7c), a lor este maximală în cazul când se utilizează calcogenura $\text{Ge}_{7,7}\text{As}_{15,3}\text{S}_{77}$ cu rețea spațială autoorganizată. Aceste nanocompozite au fost ulterior utilizate la fabricarea micro-dispozitivelor cu comutare electronică arhitectura constructivă a carora este arătată în Fig 7d. A fost realizată deasemenea studiul caracteristicilor lor conductive și de comutare a micro-dispozitivelor bazate pe nanocompozite din calcogenuri $(\text{GeS}_4)_x (\text{AsS}_3)_{1-x}$, inclusiv din cele cu rețea spațială autoorganizată, pentru aplicări în bioinginerie.

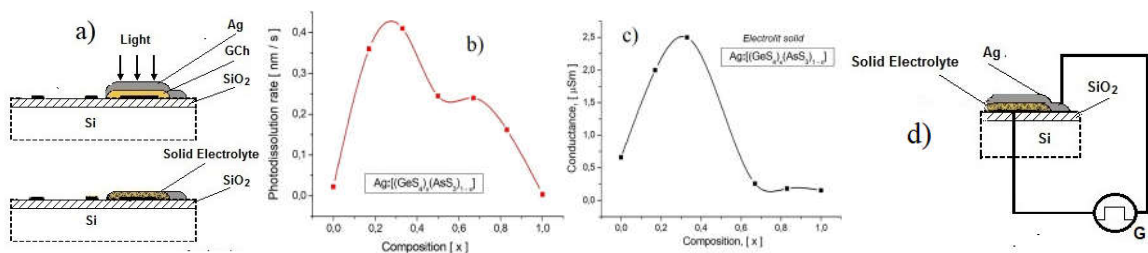


Fig.7. a) Fabricarea electroliților solizi prin FD Ag; b) Dependența vitezei FD de compoziția CSt; c) Dependența conductanței ES de compoziția CSt; d) Shcema constructivă a micro-dispozitivului cu comutare electronică;

4. Impactul științific, social și/sau economic al rezultatelor științifice obținute în cadrul proiectului

Impactul științific de bază al rezultatelor științifice obținute în cadrul proiectului constă în evidențierea dependenței puternice ale proprietăților elastice ale sticlelor calcogenice nestoichiometrice de ordinea structurală intermediară, ceea ce permite identificarea materialelor ușoare, cu proprietăți ultraacustice și mecanice avansate. Identificarea compozițiilor sticloase ternare din sistemul $\text{GeS}_4 - \text{AsS}_3$ cu structură autoorganizată, gradului și mecanismului de autoorganizare structurală a lor, precum și a caracterului compozițional "metastabil" al acestui proces, este foarte util pentru elaborarea unor dispozitive eficiente, aplicabile în bioinginerie, iar constatarea posibilității de a crește asemenea materiale din stare gazoasă și identificarea particularităților structurale ale filmelor subțiri cu o posibilă ordine structurală autoorganizată, deschide posibilități de aplicări în fonică și optoelectronică.

5. Infrastructura de cercetare utilizată în cadrul proiectului (opțional)

6. Colaborare la nivel național/ internațional în cadrul implementării proiectului (după caz)

6.1 Colaborare la nivel național în cadrul implementării proiectului:

- a) Colaborare permanentă cu Centrul Național de Studiu și Testare a Materialelor (CNSTM) al UTM și Institutul de Fizică aplicată al MEC RM.

6.2 Colaborare la nivel internațional în cadrul implementării proiectului:

- a) Institutul de Fizică a Materialelor, Bucuresti/Magurele, România
- b) Institute for Solid State Physics and Optics of Wigner Research Centre for Physics, Konkoly-Thege Miklós str. 29-33, 1121 Budapest, Hungary.

7. Dificultățile în realizarea proiectului

Financiare, organizatorice, legate de resursele umane etc. (după caz)

8. Diseminarea rezultatelor obținute în proiect în formă de publicații

1. Diseminarea rezultatelor obținute în formă de publicații

1. Capitole în monografii naționale/internaționale editate peste hotare

- 1.1 Tsiulyanu D., Ciobanu M., Mocreac O. Surface Phenomena in Glassy Chalcogenides by Gas Sensing. In: Petkov P., Achour M., Popov C. (eds) Nanoscience and Nanotechnology in Security and Protection against CBRN Threats. Springer, Dordrecht, 2020, Chapter 25, pp. 313-329, ISBN 978-94-024-2044-9. https://doi.org/10.1007/978-94-024-2018-0_25.

2. Articole în reviste științifice

2.1 din bazele de date Web of Science și SCOPUS

1. Dumitru Tsiulyanu, Gas-sensing features of nanostructured tellurium thin films, Beilstein J. Nanotechnol. 2020, 11, 1010–1018. <https://doi.org/10.3762/bjnano.11.85> (Impact factor 2,612).

2. D. Tsiulyanu, I. Stratan, M. Ciobanu, Influence of glassy backbone on the photoformation and properties of solid electrolytes Ag : As-S-Ge, Chalcogenide Letters, Vol. 17, No. 1, (2020), p. 9 – 14. **(Impact factor 1,05)**.
3. D. Tsiulyanu, S.A. Kozyukhin, M. Ciobanu, Middle range order and elastic properties of non-stoichiometric chalcogenide glasses in the AsS₃ - GeS₄ system, Journal of Non- Crystalline Solids, 575 (2022) 1212072021, pp.1-7. <https://doi.org/10.1016/j.jnoncrysol.2021.121207>. **(Impact factor 4.12)**
4. Dumitru Tsiulyanu, Conductometric NO₂ gas sensor based on nanolayered amorphous tellurium for room temperature operation, Sens. Actuators B 352 (2022)131034, pp. 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2021.131034> **(Impact factor 8,2)**
5. D. Tsiulyanu, M. Veres, R. Holomb, M. Ciobanu, Raman scattering evidence on the correlation of middle range order and structural self-organization of As-S-Ge glasses in the intermediate phase region, Journal of Non-Crystalline Solids, 609 (2023)122255, p.1-10. <https://doi.org/10.1016/j.jnoncrysol.2023.122255> **(Impact factor 4.458)**
6. M. Ciobanu, A.C. Galca, F. Sava, M.Y. Zaki, A. Velea, D. Tsiulyanu, First Sharp Diffraction Peak features of the intermediate phase glasses and amorphous thin films in the non-stoichiometric (GeS₄)_x(AsS₃)_{1-x} system, Thin Solid Films, 773 (2023)139828, pp.1-8. <https://doi.org/10.1016/j.tsf.2023.139828> **(Impact factor 2.358)**.

2.2 în reviste din Registrul Național al revistelor de profil, cu indicarea categoriei

1. Tsiulyanu D., Ciobanu M., Mocreac O., A. Afanasiev. CHARGE TRANSPORT AND GAZ SENSING PECULIARITIES OF NANOCRYSTALLINE AND AMORPHOUS TELLURIUM FILMS. In: Journal of Engineering Science, categoria B+, Vol. XXVII, no.3 (2020), pp. 38–46. DOI: 10.5281/zenodo.3949658.
2. M. Ciobanu, D. Tsiulyanu, EFFECT OF AGING, TEMPERATURE AND AMBIENT GASES ON THE COMPLEX IMPEDANCE OF As₂Te₁₃Ge₈S₃ GLASSY FILMS, Moldavian Journal of the Physical Sciences, categoria C , vol. 20 , nr. 2 (2021), pp. 38–46.
3. Dumitru Tsiulyanu, Olga Mocreac, Andrei Afanasiev, Eduard Monaico, Gas Sensitive films based on Te-SnO₂ nanocomposite on flexible substrate, Journal of Engineering Science 29,(no. 3) (2022) 45 – 58. (Categoria B+) [https://doi.org/10.52326/jes.utm.2022.29\(3\).04](https://doi.org/10.52326/jes.utm.2022.29(3).04).

3. Articole în materiale ale conferințelor științifice

3.1. în lucrările conferințelor științifice internaționale (peste hotare) din bazele de date *Web of Science* și *SCOPUS*

1. Dumitru Tsiulyanu, Marina Ciobanu and Andrei Afanasiev, *Physical–Chemical Properties of Sulfur Enriched As–S–Ge Glasses Related to Middle-Range Order Structure*, Proc. 6-th International Symposium on Dielectric Materials & Applications (ISyDMA'6), Springer Nature, Switzerland AG, 2022, Chapter 1, pp. 3-18. https://doi.org/10.1007/978-3-031-11397-0_1.

3.2 în lucrările conferințelor științifice internaționale (Republica Moldova) din bazele de date *Web of Science* și *SCOPUS*

1. Tsiulyanu D., Mocreac O., Braniste T. (2022) *Involvement of Contact and Surface Phenomena in Nanolayered Amorphous Te Films for Toxic Gas Detection at Room Temperature*. In: Tiginyanu I., Sontea V., Railean S. (eds) 5-th International Conference on Nanotechnologies and Biomedical Engineering. ICNBME 2021. IFMBE Proceedings, vol 87. Springer, Cham. pp. 560-567. https://doi.org/10.1007/978-3-030-92328-0_72

4. Teze în culegeri științifice

4.1. în lucrările conferințelor științifice internaționale (peste hotare)

1. D. Tsiulyanu, M. Ciobanu, Using the impedance spectroscopy for investigation of aging, thermal and adsorption properties of glassy chalcogenide films, Abstracts book of the Fifth International Symposium on Dielectric Materials and Applications ISyDMA'5, Marrakech (Morocco), 15-17 April 2020, pp.71-72.
2. Marina Ciobanu, Dumitru Tsiulyanu, ELECTRICAL PROPERTIES OF $As_2 S_3 Ge_8 - Te$ THIN FILMS GROWN FROM THE VAPOR PHASE, Abstracts book of the XII International Conference "Electronic Processes in Organic and Inorganic Materials" (ICEPOM-12), June 1 - 5, 2020, Kamianets-Podilskyi, Ukraine, p.58.
3. Dumitru Tsiulyanu, Marina Ciobanu, Olga Mocreac, EFFECT OF NANOSTRUCTURING TO RESPONSE KINETICS OF TELLURIUM THIN FILMS BY NITROGEN DIOXIDE SENSING, Abstracts book of the XII International Conference "Electronic Processes in Organic and Inorganic

Materials” (ICEPOM-12), June 1 - 5, 2020, Kamianets-Podilskyi, Ukraine, p. 86.

4. Dumitru Tsiulyanu, Marina Ciobanu, Amorphous chalcogenides based microcells for the fast toxic gas alarm-triggering , Abstracts book of the 12th INTERNATIONAL CONGRESS ON MATHEMATIC, ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES, July 9-11, 2021, Paris, France, p.37.
5. D. Tsiulyanu, A. Afanasiev, O. Mocriteac, E. Monaico, G.Volodina, Morphology, XRD and EDX study of screen-printed thick films based on SnO₂ / Te nanocomposites, Book of Abstracts of XXV Galyna Puchkovska International School-Seminar“Spectroscopy of Molecules and Crystals” (XXV ISSSMC), September 21-24, 2021, Kyiv, Ukraine, p.138.
6. D. Tsiulyanu¹, M. Ciobanu, S.A. Kozyukhin, E. Krivogina, Molecular like structural units in sulfur enriched amorphous As-S-Ge alloys, Book of Abstracts of XXV Galyna Puchkovska International School-Seminar“Spectroscopy of Molecules and Crystals” (XXV ISSSMC), September 21-24, 2021, Kyiv, Ukraine, p.38.
7. D. Tsiulyanu, O. Mocriteac, A. Afanasiev, E. Monaico, Flexible thin films based on Te-SnO₂ nanocomposites and their gas sensing properties, Abstracts book of 13th International Conference on Physics of Advanced Materials (ICPAM-13), Sant Feliu de Guixols, Costa Brava, Spain, September 24 – 30, 2021, pp.222-224.
8. D. Tsiulyanu , S.A. Kozyukhin, M. Ciobanu , Physical - chemical properties of sulfur enriched As-S-Ge glasses related to middle-range order structure, *Abstracts book of the 6-th International Symposium on Dielectric Materials and Applications ISyDMA'6 , 15-17 December 2021, Calais, France.*
<https://isydma6.univ-littoral.fr/> Speakers/Prof. Dumitru TSIULYANU/Moldova
9. M. Ciobanu, A.C. Galca, A. Velea, D. Tsiulyanu, The features of X-ray diffraction in non-stoichiometric AsS₃-GeS₄ glassy thin films, *Abstracts book of the 7-th International Symposium on Dielectric Materials and Applications ISyDMA'7, 06-08 December 2022, Poznan, Poland.* <https://www.isydma7.com/>
10. D. Tsiulyanu, M. Veres, R. Holomb, M. Ciobanu, A. Afanasiev, On the compositional "metastable" state in the intermediate phase region of semiconducting As-S-Ge glasses, Abstracts of the IX Ukrainian scientific conference on Physics of Semiconductors (USCPS-9), Uzhhorod, Ukraine, May 22-26, 2023, pp. 10-12. , ISBN 978-617-8276-25-6.
11. M. Ciobanu, D. Tsiulyanu, A. Velea, A. C. Galca, F. Sava, ID Simandan, Effect of annealing on middle range order of glassy (GeS₄)_x (AsS₃)_{1-x} thin films, Abstracts of the IX Ukrainian scientific conference on Physics of Semiconductors

(USCPS-9), Uzhhorod, Ukraine, May 22-26, 2023, pp. 292-293. , ISBN 978-617-8276-25-6.

5. Brevete de invenții și obiecte de proprietate intelectuală, materiale la saloanele de invenții

5.1 Brevete de invenții

1. Țiuleanu Dumitru, Ciobanu Marina, Monaico Eduard, Afanasiev Andrei, Brevet de Invenție Nr. **MD 1520**, *Senzor de gaze toxice*, Eliberat 30.11.2021, Hotărârea AGEPI nr.1933 din 2021.02.16, publicat în Buletinul oficial de proprietate intelectuală Nr. 4 /2021 p. 47.
2. Țiuleanu Dumitru, Mocreac Olga, Afanasiev Andrei, Brevet de invenție: *Detector flexibil de gaze în baza nano - compozitului Te /SnO₂*, Hotărârea AGEPI **nr.10374** din 2023.12. 22 .

5.2 Materiale la saloanele de invenții

1. Medalie de Aur și Diploma de Excelență la Salunul de invenție PROINVENT 2023, Cluj-Napoca, Romania: *The flexible gas detector based on the Te/SnO₂ nanocomposite*; autori:Țiuleanu Dumitru, Mocreac Olga, Afanasiev Andrei.

6. Lucrări științifico-metodice și didactice (aprobate și publicate în ordinea stabilită)

6.1 Indicații /îndrumări metodice (la lucrări practice, de laborator, stagii de practică, privind elaborarea tezelor de an, licență, masterat)

1. D. Tsiulyanu, M. Ciobanu, O. Mocreac, “Probleme de electrostatică, curent continuu și electromagnetism”. Chișinău: Tipografia Tehnica UTM, 2020, 72 p. ISBN 978-9975-45-631-9.
2. PÎNTEA Valentina, BERNAT Oxana, MOCREAC Olga, Determinarea componentei orizontale a inducției câmpului magnetic al Pământului, Îndrumar de laborator la fizică,2023, <http://repository.utm.md/handle/5014/22496>

9. Diseminarea rezultatelor obținute în proiect în formă de prezentări la foruri științifice (comunicări, postere – pentru cazurile când nu au fost publicate în materialele conferințelor)

➤ Manifestări științifice internaționale (în străinătate)

1. **Mem. Cor. AȘM, Prof. Univ. Dumitru Țiuleanu.** The Fifth International Symposium on Dielectric Materials and Applications ISyDMA'5 , Marrakech (Morocco), 15-17 April 2020. " *Using the impedance spectroscopy for investigation of aging, thermal and adsorption properties of glassy chalcogenide films , (Ședință plenară, invitat). Participanți pasivi: Marina Ciobanu, Olga Mocreac, Sergiu Gutium, Mariana Haiducova*

2. **Marina Ciobanu, Dr., Conf. Univ.,**The XII International Conference "Electronic Processes in Organic and Inorganic Materials" (ICEPOM-12), Kamianets-Podilskyi, Ukraine, June 1 - 5, 2020, "ELECTRICAL PROPERTIES OF $As_2 S_3 Ge_8 - Te$ THIN FILMS GROWN FROM THE VAPOR PHASE". (**Poster**).
Participanți pasivi: Dumitru Țiuleanu, Olga Mocreac, Sergiu Gutium, Mariana Haiducova

3. **Olga. Mocreac,** The XII International Conference "Electronic Processes in Organic and Inorganic Materials" (ICEPOM-12), Kamianets-Podilskyi, Ukraine, June 1 - 5, 2020, "EFFECT OF NANOSTRUCTURING TO RESPONSE KINETICS OF TELLURIUM THIN FILMS BY NITROGEN DIOXIDE SENSING", (**Poster**).
Participanți pasivi: Dumitru Țiuleanu, Marina Ciobanu, Sergiu Gutium, Mariana Haiducova

4. **Țiuleanu Dumitru, Mem. Cor. AȘM, Prof. Univ.dr.hab:** INTERNATIONAL CONGRESS ON MATHEMATIC, ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES, July 9-11, 2021, Paris, France, *Amorphous chalcogenides based microcells for the fast toxic gas alarm-triggering (Sesiune, oral).*

5. **Ciobanu Marina, Dr., Conf. Univ.:** XXV Galyna Puchkovska International School-Seminar "Spectroscopy of Molecules and Crystals" (XXV ISSSMC), September 21-24, 2021, Kyiv, Ukraine, *Molecular like structural units in sulfur enriched amorphous As-S-Ge alloys (poster).*

6. **Mocreac Olga, Lector Univ.:** XXV Galyna Puchkovska International School-Seminar "Spectroscopy of Molecules and Crystals" (XXV ISSSMC), September 21-24, 2021, Kyiv, Ukraine, *Morphology, XRD and EDX study of screen-printed thick films based on SnO_2 / Te nanocomposites (poster).*

7. **Țiuleanu Dumitru, Mem. Cor. AȘM, Prof. Univ.dr.hab:** 13-th International Conference on Physics of Advanced Materials (ICPAM-13), September 24 – 30, 2021, Sant Feliu de Guixols, Costa Brava, Spain, *Flexible thin films based on $Te-SnO_2$ nanocomposites and their gas sensing properties (Ședință plenară, invitat).*

8. **Țiuleanu Dumitru, Mem. Cor. AȘM, Prof. Univ.dr.hab:** 6-th International Symposium on Dielectric Materials and Applications ISyDMA'6 , 15-17 December 2021, Calais, France, *Physical - chemical properties of sulfur enriched As-S-Ge glasses related to middle-range order structure (Ședință plenară, invitat).*

9. **Dumitru Tsiulyanu, Prof. univ., Dr. Hab.,** *The 4th International Conference on Graphene and Novel Nanomaterials (GNN2022)*, September, 16 -19, 2022, Shenzhen, China , "Middle range order and elastic properties of non-stoichiometric chalcogenide glasses in the AsS₃ - GeS₄ system" (Sesiune, oral). <http://www.gnnconf.org/>
10. **Marina Ciobanu, Conf. Univ., Dr.,** *The 7-th International Symposium on Dielectric Materials and Applications (ISyDMA'7)*, 06-08 December 2022, Poznan, Poland, "The features of X-ray diffraction in non-stoichiometric AsS₃-GeS₄ glassy thin films" (Poster). <https://www.isydma7.com/>
11. **Dumitru Tsiulyanu, Prof. univ., Dr. hab.,** *The IX Ukrainian scientific conference on Physics of semiconductors (USCPS-9)*, Uzhhorod, Ukraine, May 22-26, 2023 : „On the compositional "metastable" state in the intermediate phase region of semiconducting As-S-Ge glasses" (Ședință plenară, invitat).
12. **Marina Ciobanu, Conf. Univ., Dr.,** *The IX Ukrainian scientific conference on Physics of semiconductors (USCPS-9)*, Uzhhorod, Ukraine, May 22-26, 2023: " Effect of annealing on middle range order of glassy (GeS₄)_x (AsS₃)_{1-x} thin films (Poster).

➤ **Manifestări științifice internaționale (în Republica Moldova)**

1. **Țiuleanu Dumitru, Mem. Cor. AȘM, Prof. Univ.dr.hab:** 5-th International conference on Nanotechnologies and Biomedical Engineering. ICNBE-2021, November 3-5, 2021, Chisinau, Republic of Moldova, *Involvement of Contact and Surface Phenomena in Nanolayered Amorphous Te Films for Toxic gas Detection at Room Temperature (Sesiune, oral)*.
10. **Apreciera și recunoașterea rezultatelor obținute în proiect (premiu, medalii, titluri, alte aprecieri). (Opțional)**
Model: Nume, prenume; Distincția; Evenimentul (expoziție, concurs, târg ș.a.)
11. **Promovarea rezultatelor cercetărilor obținute în proiect în mass-media (Opțional):**
 - Emisiuni radio/TV de popularizare a științei
Model: Nume, prenume / Emisiunea / Subiectul abordat
 - Articole de popularizare a științei
Model: Nume, prenume / Publicația / Titlul articolului
12. **Teze de doctorat / postdoctorat susținute pe parcursul anilor 2020-2023 de membrii echipei proiectului (Opțional)**

1. Mocreac Olga, ” *Studiul proprietăților electroconductive ale filmelor de Te nanocristalin sau amorf la interacțiunea cu gazele toxice*”, Teză de doctorat, Conducător: Prov. Unif., Dr.hab., Dumitru Țiuleanu.

13. Materializarea rezultatelor obținute în proiect (cu specificarea aplicării în practică)

Forme de materializare a rezultatelor cercetării în cadrul proiectului pot fi produse, utilaje și servicii noi, documente ale autorităților publice aprobate etc.

14. Informație suplimentară referitor la activitățile membrilor echipei

➤ *Membru/președinte al comitetului organizatoric/științific, al comisiilor, consiliilor științifice de susținere a tezelor (Opțional)*

1. Prof. univ., Dr. hab. Țiuleanu (Tsiulyanu) Dumitru / **Membru al comitetului științific al Simpozionului „The 5-th Internațional Symposium on Dielectric Materials and Applications ISyDMA’5”**, April 15-17, 2020, Marrakesh, Morocco.
<https://conferenceindex.org/event/international-symposium-on-dielectric-materials-and-applications-isydma-2020-april-marrakesh-ma>
2. Prof. univ., Dr. hab. Țiuleanu (Tsiulyanu) Dumitru / **Membru al comitetului științific al Simpozionului „The Sixth International Symposium On Dielectric Materials and Applications (ISyDMA’6)”**, Calais, France, December 15-17, 2021.
[ISyDMA’6 Circular](#)
3. Prof. univ., Dr. hab. Țiuleanu (Tsiulyanu) Dumitru / **Membru al comitetului de program al Conferinței ”5-th International Conference on Nanotechnologies and Biomedical Engineering (ICNBME – 2021)”**, Chisinau, Republic of Moldova, November, 3-5, 2021.
<http://icnbme2021.sibm.md>
4. Prof. univ., Dr. hab. Țiuleanu (Tsiulyanu) Dumitru / **Membru al comitetului de de program al Conferinței ” The IX Ukrainian scientific conference on Physics of semiconductors (USCPS-9)”**, Uzhhorod, Ukraine, May 22-26, 2023. <http://conference.isp.kiev.ua>
5. Prof. univ., Dr. hab. Țiuleanu (Tsiulyanu) Dumitru / **Membru al comitetului de program al Conferinței ”6-th International Conference on Nanotechnologies and Biomedical Engineering (ICNBME – 2023)”**, Chisinau, Republic of Moldova, November, 3-5, 2021.
<http://icnbme2021.sibm.md>

6. Prof. univ., Dr. hab. **Țiuleanu** Dumitru / *Membru pemanent al Seminarului Științific a Școlii Doctorale UTM "Nanotehnologii, Materiale Noi Multifuncționale și Dispozitive Electronice"*.
7. Prof. univ., Dr. hab. **Țiuleanu** Dumitru / *Membru al Comisiei de doctorat ad-hoc , decizia CȘ.UTM, 16.04.2020 pentru susținerea tezei de doctorat la specialitatea 233.01- Nano-microelectronică și optoelectronică a dl. Postica Vasile, Chișinău, UTM, 24.06.2020.*
8. Prof. univ., Dr. hab. **Țiuleanu** Dumitru / *Președinte al Comisiei de doctorat ad-hoc , decizia CȘ.UTM, 23.05.2022 pentru susținerea tezei de doctorat la specialitatea 233.01- Nano-microelectronică și optoelectronică a dl. Ababii Nicolae, Chișinău, UTM, 01.07.2022.*
9. Prof. univ., Dr. hab. **Țiuleanu** Dumitru / *Președinte al Comisiei de doctorat ad-hoc, decizia CȘ.UTM, 23.05.2022 pentru susținerea tezei de doctorat la specialitatea 134.01- Fizica și Tehnologia Materialelor a dl. Ciobanu Vladimir, Chișinău, UTM, 18.01.2023.*
10. Prof. univ., Dr. hab. **Țiuleanu** Dumitru / *Membru al Comisiei de doctorat (Referent oficial) al Comisiei de doctorat, din cadrul ȘDȘN USM pentru susținerea tezei de doctorat la specialitatea 134.01- Fizica și Tehnologia Materialelor a dl. Moraru Vadim, Chișinău, USM, 12.12.2023.*
11. Prof. univ., Dr. hab. **Țiuleanu** Dumitru / *Președinte al CȘD Specializat D 233.01-23-98, pentru susținerea tezei de doctorat la specialitatea 233.01- Nano-microelectronică și optoelectronică a dn. Monaico Elena, Chișinău, UTM, 27.12. 2023.*

➤ *Redactor / membru al colegiilor de redacție al revistelor naționale / internaționale (Opțional)*

1. **Țiuleanu (Tsiulyanu)** Dumitru / *Journal of Optoelectronic and Biomedical Materials*, ISSN 2066-0049 (Romania) / **Member** of Editorial Board.
2. **Țiuleanu** Dumitru / *Moldavian Journal of Physical Sciences* (Moldova) / **Member** of Editorial Board.
3. **Țiuleanu** Dumitru / *Journal of Engineering Sciences*(Moldova) / **Member** of Editorial Board.
4. **Țiuleanu (Tsiulyanu)** Dumitru / *Sensors and Actuators*, B, ELSEVIER (Oxford, UK) / **Recenzent** oficial.

15. Recomandări, propuneri.

- ✓ Corelația dintre ordonarea de ordin mediu a structurii sticlei cu proprietățile lor fizice oferă posibilități noi de elaborarea a materialelor ușoare și durabile cu caracteristici performante de propagare a undelor ultrasonore.
- ✓ Electroliții solizi cu conductivitate duală electronică / ionică, bazați pe calcogenuri cu rețea spațială autoorganizată pot fi obținuți mai rapid și posedă o conductivitate foarte avansată, fapt care face utili la elaborarea diferitor micro-dispozitive de comutare pentru aplicări în electronică, inclusiv în bioinginerie.

16. Concluzii

În rezultatul implementării acestui proiect experimental au fost determinate densitățile sticlelor calcogenice pseudobinare $\text{GeS}_4 - \text{AsS}_3$ și celor binare model $\text{GeS}_2, \text{As}_2\text{S}_3$, calculate volumele lor molare, precum și stabilite legăturile dependenței acestor mărimi fizico – chimice de compoziție și numărul mediu de coordinație al atomilor. Concomitent, experimental a fost realizat studiul propagării undelor ultrasonore longitudinale și determinată viteza de propagare a acestor unde dependent de compoziția chimică a calcogenurii sticloase. În baza datelor experimentale, a fost calculat modulul elastic longitudinal dependent de compoziția chimică. S-a stabilit că el este puternic influențat de compoziția materialului, în așa mod că se evidențiază două maxime: cu o intensitate mare, la 7,7 at. % Ge și una puțin mai scăzută, la 14,3 at.% Ge, ce se explică prin faptul că înlocuirea atomilor tri-coordonați de As cu cei tetra-coordonați de Ge în sticlele ne stoichiometrice $\text{AsS}_3 - \text{GeS}_4$, conduce la o modificare nemonotonă a structurii de ordin mediu, corelată cu modificarea modulului elastic longitudinal. Dimensiunile domeniilor de ordin mediu și perioada lor structurală devin minime în compoziția $\text{Ge}_{7,7} \text{As}_{15,3} \text{S}_{77}$ iar modulul lui Young al acestui material este maximal. O astfel de corelație oferă dovezi pentru un rol important al ordonării la distanțe medii asupra proprietăților fizice ale sticlelor calcogenice și poate fi utilizată pentru elaborarea materialelor ușoare și durabile cu caracteristici performante de propagare a undelor ultrasonore.

În sticlele calcogenice, inclusiv din sistemul ternar As-S-Ge pot exista regiuni compoziționale foarte înguste, cu un nivel ridicat de autoorganizare structurală, care în principal se datorează creșterii bruște a concentrației de unități (blocuri) structurale (u.s.) extrem de flexibile. Investigația minuțioasă a împrăștierii Raman în aceste sticle, executată în lucrarea prezentă, a dezvăluit o astfel de regiune compozițională localizată în jurul compoziției $\text{Ge}_{7,7} \text{As}_{15,3} \text{S}_{77}$ din interiorul liniei pseudo-binare $(\text{GeS}_4)_x (\text{AsS}_3)_{1-x}$. Apariția acestei regiuni se datorează concentrației avansate (~ 30%) a u.s. cuazi-tetraedrale (QT) flexibile $\text{S}=\text{As}(\text{S}_{1/2})_3$, care sunt elementele de bază ale structurii rețelei spațiale. Acest rezultat fundamental poate fi utilizat în elaborarea și realizarea unui proces tehnologic de obținere a electroliților solizi cu conductivitate duală electronică / ionică, care fiind bazați pe calcogenuri cu rețea spațială autoorganizată, posedă o conductivitate electrică de sute de ori mai mare ca cele în baza calcogenurilor obișnuite. Utilizarea acestor electroliți solizi dă posibilitatea realizării unor noi comutatoare electronice performante și rapide, pentru aplicări în diferite domenii ale electronicii, inclusiv în bioinginerie.

Conducătorul de proiect: Țiuleanu Dumitru

Data: 12.01.2024

LȘ



Rezumatul activității și a rezultatelor obținute în proiect perioada 2020-2023

**”Calcogenuri sticloase cu rețele spațiale autoorganizate pentru bioinginerie” Cifrul proiectului
20.80009.5007.2**

În cadrul implementării proiectului PS 20.80009.5007.21 „Calcogenuri sticloase cu rețele spațiale autoorganizate pentru bioinginerie”, au fost elaborat regimul de sinteză și sinteza prin metoda topirii în vid a 10 compoziții sticloase de calcogenuri ternare de-a lungul liniei compoziționale pseudobinare $(\text{GeS}_4)_x (\text{AsS}_3)_{1-x}$, precum și a două compoziții binare model GeS_2 și As_2S_3 . A fost realizată tăierea, finisarea și polizarea mostrelor experimentale în formă de paralelipiped cu laturi strict paralele, necesare pentru studiul propagării ultrasunetului. Experimental au fost determinate densitățile sticlelor calcogenice sintetizate, calculate volumele lor molare, precum și stabilite legăturile dependenței acestor mărimi fizico – chimice de compoziție și numărul mediu de coordinație al atomilor. În baza acestor date a fost calculat modulul elastic longitudinal, care s-a dovedit a fi puternic influențat de compoziția materialului sticlos. A fost realizată analiza complexă a difracției razelor X în aceste materiale pentru intervalul unghiular $2\theta = 15 \div 70$ grad., prin care s-a stabilit că înlocuirea atomilor tri-coordonați de As cu cei tetra-coordonați de Ge în sticlele ne stoichiometrice $\text{AsS}_3 - \text{GeS}_4$, conduce la o modificare nemonotonă a structurii de ordin mediu (SOM), corelată cu modificarea modulului elastic. Dimensiunile domeniilor SOM și perioada lor structurală devin minime în compoziția $\text{Ge}_{7,7} \text{As}_{15,3} \text{S}_{77}$, iar modulul lui Young al acestui material este cel mai mare dintre sticlele studiate. O astfel de corelație oferă dovezi pentru un rol important al SOM asupra proprietăților fizice ale sticlelor calcogenice și poate fi utilizată pentru elaborarea materialelor ușoare și durabile cu caracteristici performante de propagare a undelor ultrasonore. În scopul identificării compozițiilor din sistemul ternar $(\text{GeS}_4)_x(\text{AsS}_3)_{1-x}$, în care se realizează autoorganizarea rețelei spațiale, au fost obținute și minuțios analizate spectrele Raman în domeniul $70 - 550 \text{ cm}^{-1}$, la lungimea de unda de excitare 633 nm . Ca rezultat s-a stabilit că în sticlele calcogenice, inclusiv cele din sistemul ternar As-S-Ge pot exista zone compoziționale foarte înguste, cu un nivel ridicat de autoorganizare structurală, care în principal se datorează creșterii concentrației unităților structurale (u.s.) flexibile, cum ar fi $\text{QT S}=\text{As}(\text{S}_{1/2})_3$. În interiorul liniei compoziționale pseudo-binare $(\text{GeS}_4)_x(\text{AsS}_3)_{1-x}$ o astfel de zonă este localizată în împrejurimele compoziției $\text{Ge}_{7,7} \text{As}_{15,3} \text{S}_{77}$, în care concentrația blocurilor structurale flexibile menționate este de $\sim 30\%$. S-a stabilit deasemenea (în premieră) că starea autoorganizată menționată, pare a fi „metastabilă” din punct de vedere al compoziției, deoarece la o mică variație a concentrației elementelor componente, unitățile structurale (u.s.) flexibile $\text{QT S}=\text{As}(\text{S}_{1/2})_3$, se transformă în alte u.s., mult mai elastice. Aceste rezultate fundamentale au fost utilizate în procesul tehnologic de obținere a electroliților solizi (ES) cu conductivitate duală electronică / ionică, care fiind bazați pe calcogenuri cu rețea spațială autoorganizată, posedă o conductivitate electrică de sute de ori mai mare ca cele în baza calogenurilor obișnuite. În condiții de laborator au fost fabricați ES în baza cărora au fost elaborate, fabricate și caracterizate micro-dispozitive cu comutare electronică (CE) bazate pe calcogenuri ale întregului sistem ternar pe linia compozițională $(\text{GeS}_4)_x(\text{AsS}_3)_{1-x}$, inclusiv pe baza compozițiilor cu rețea spațială autoorganizată. Rezultatele obținute au fost utilizate pentru elaborarea recomandărilor de aplicare a CE bazate pe ES din calcogenuri cu rețea spațială autoorganizată în bioinginerie, inclusiv ca element funcțional de bază al dispozitivelor de detectare, alarmă și monitorizare a gazelor toxice.

In the framework of implementation of the project PS 20.80009.5007.21 "Glass chalcogenides with self-organized spatial networks for bioengineering", the regime of synthesis has been elaborated and the real synthesis was performed, by the method of vacuum melting of 10 glass compositions of the ternary chalcogenides along the compositional tie – line $(\text{GeS}_4)_x(\text{AsS}_3)_{1-x}$, as well as two binary model compositions GeS_2 and As_2S_3 . The cutting, finishing and polishing of the experimental samples in the form of parallelepiped with strictly parallel sides, necessary for the study of ultrasound propagation was performed. The densities of the synthesized glasses has been experimentally determined and their molar volumes calculated followed by establishing the dependence of these physical-chemical quantities on the both composition and mean coordination number of atoms. Based on these data, the longitudinal elastic modulus was calculated, which proved to be strongly influenced by the composition of the glassy material. The complex analysis of the X-ray diffraction in these materials for an angular range $2\theta = 15 \div 70$ grad., has been performed. It was established that the substitution of tri fold coordinated As atoms by fourfold coordinated Ge ones leads to a non-monotonic modification of medium range ordering (MRO) structure, correlated with elastic modulus change. The MRO domain sizes and their structural period become minimal in the composition $\text{Ge}_{7.7}\text{As}_{15.3}\text{S}_{77}$. Alongside, the Young's modulus of this glass appears to be maximal among investigated glasses. Such correlation provides evidence for an important role of MRO on physical properties of chalcogenide glasses and can be used to reveal durable materials with enhanced sound propagation characteristics. In order to identify the compositions from the ternary chalcogenides $(\text{GeS}_4)_x(\text{AsS}_3)_{1-x}$, in which the self-organization of the spatial network is achieved, the Raman spectra were carried out and detailed analyzed in the range $70 - 550 \text{ cm}^{-1}$ at the excitation wavelength 633 nm. As a result, it was established that in the chalcogenide glasses, including the As-S-Ge ternary, there can be very narrow compositional regions with a high level of structural self-organization, which is mainly due to the increase in the concentration of flexible structural units (s.u.), such as $\text{QT S}=\text{As}(\text{S}_{1/2})_3$. Within the pseudo-binary compositional line $(\text{GeS}_4)_x(\text{AsS}_3)_{1-x}$ such a region was determined to be located in the vicinity of the composition $\text{Ge}_{7.7}\text{As}_{15.3}\text{S}_{77}$, in which the concentration of the mentioned flexible structural blocks is $\sim 30\%$. It was also established (for the first time) that the self-organized state appears to be compositionally "metastable" because at a small variation of the concentrations of the constituent elements, the flexible (u.s.) structural units $\text{QT S}=\text{As}(\text{S}_{1/2})_3$, turns into other u.s. much more elastic. These fundamental results were used in the technological process of obtaining solid electrolytes (SE) with dual electronic / ionic conductivity, which, being based on chalcogens with a self-organized spatial network, possess an electrical conductivity hundreds of times higher than those based on ordinary chalcogenides. The SE(s) were fabricated and used for fabrication of electronic switching (ESW) micro-devices based on chalcogenides of the entire ternary system on the compositional line $(\text{GeS}_4)_x(\text{AsS}_3)_{1-x}$, including those with self-organized spatial network. These results allowed developing the recommendations for the application of ECW based on chalcogens glasses with self-organized structure in bioengineering, including the systems for toxic gas alarm, detection and monitoring.

Conducătorul de proiect: Tiuleanu Dumitru

Data: 12.01.2024



LȘ



Lista lucrărilor științifice, științifico-metodice și didactice
Chalcogenuri sticloase cu rețele spațiale autoorganizate pentru bioinginerie

1. Capitole în monografii naționale/internaționale editate peste hotare

- 1.1 Tsiulyanu D., Ciobanu M., Mocreac O. Surface Phenomena in Glassy Chalcogenides by Gas Sensing. In: Petkov P., Achour M., Popov C. (eds) Nanoscience and Nanotechnology in Security and Protection against CBRN Threats. Springer, Dordrecht, 2020, Chapter 25, pp. 313-329, ISBN 978-94-024-2044-9. https://doi.org/10.1007/978-94-024-2018-0_25.

2. Articole în reviste științifice

2.2 din bazele de date Web of Science și SCOPUS

1. Dumitru Tsiulyanu, Gas-sensing features of nanostructured tellurium thin films, Beilstein J. Nanotechnol. 2020, 11, 1010–1018. **(Impact factor 2,612)**.
<https://doi.org/10.3762/bjnano.11.85>
2. D. Tsiulyanu, I. Stratan, M. Ciobanu, Influence of glassy backbone on the photoformation and properties of solid electrolytes Ag : As-S-Ge, Chalcogenide Letters, Vol. 17, No. 1, (2020), p. 9 – 14. **(Impact factor 1,05)**.
3. D. Tsiulyanu, S.A. Kozyukhin, M. Ciobanu, Middle range order and elastic properties of non-stoichiometric chalcogenide glasses in the AsS₃ - GeS₄ system, Journal of Non- Crystalline Solids, 575 (2022) 1212072021, pp.1-7.
<https://doi.org/10.1016/j.jnoncrysol.2021.121207>. **(Impact factor 4.12)**
4. Dumitru Tsiulyanu, Conductometric NO₂ gas sensor based on nanolayered amorphous tellurium for room temperature operation, Sens. Actuators B 352 (2022)131034, pp. 1-11.
<https://doi.org/10.1016/j.snb.2021.131034> **(Impact factor 8,2)**
5. D. Tsiulyanu, M. Veres, R. Holomb, M. Ciobanu, Raman scattering evidence on the correlation of middle range order and structural self-organization of As-S-Ge glasses in the intermediate phase region, Journal of Non-Crystalline Solids, 609 (2023)122255, p.1-10.
<https://doi.org/10.1016/j.jnoncrysol.2023.122255> **(Impact factor 4.458)**
6. M. Ciobanu, A.C. Galca, F. Sava, M.Y. Zaki, A. Velea, D. Tsiulyanu, First Sharp Diffraction Peak features of the intermediate phase glasses and

amorphous thin films in the non-stoichiometric $(\text{GeS}_4)_x(\text{AsS}_3)_{1-x}$ system, *Thin Solid Films*, 773 (2023)139828, pp.1-8.
<https://doi.org/10.1016/j.tsf.2023.139828> (Impact factor 2.358).

2.2 în reviste din Registrul Național al revistelor de profil, cu indicarea categoriei

1. Tsiulyanu D., Ciobanu M., Mocreac O., A. Afanasiev. CHARGE TRANSPORT AND GAZ SENSING PECULIARITIES OF NANOCRYSTALLINE AND AMORPHOUS TELLURIUM FILMS. In: *Journal of Engineering Science*, categoria B+, Vol. XXVII, no.3 (2020), pp. 38–46. DOI: 10.5281/zenodo.3949658.
2. M. Ciobanu, D. Tsiulyanu, EFFECT OF AGING, TEMPERATURE AND AMBIENT GASES ON THE COMPLEX IMPEDANCE OF $\text{As}_2\text{Te}_{13}\text{Ge}_8\text{S}_3$ GLASSY FILMS, *Moldavian Journal of the Physical Sciences*, categoria C , vol. 20 , nr. 2 (2021), pp. 38–46.
3. Dumitru Tsiulyanu, Olga Mocreac, Andrei Afanasiev, Eduard Monaico, Gas Sensitive films based on Te-SnO₂ nanocomposite on flexible substrate, *Journal of Engineering Science* 29,(no. 3) (2022) 45 – 58. (Categoria B+)
[https://doi.org/10.52326/jes.utm.2022.29\(3\).04](https://doi.org/10.52326/jes.utm.2022.29(3).04).

3. Articole în materiale ale conferințelor științifice

3.1. în lucrările conferințelor științifice internaționale (peste hotare) din bazele de date **Web of Science și SCOPUS**

1. Dumitru Tsiulyanu, Marina Ciobanu and Andrei Afanasiev, *Physical–Chemical Properties of Sulfur Enriched As–S–Ge Glasses Related to Middle-Range Order Structure*, Proc. 6-th International Symposium on Dielectric Materials & Applications (ISyDMA'6), Springer Nature, Switzerland AG, 2022, Chapter 1, pp. 3-18. https://doi.org/10.1007/978-3-031-11397-0_1.

3.2. în lucrările conferințelor științifice internaționale (Republica Moldova) din bazele de date **Web of Science și SCOPUS**

1. Tsiulyanu D., Mocreac O., Braniste T. (2022) *Involvement of Contact and Surface Phenomena in Nanolayered Amorphous Te Films for Toxic Gas Detection at Room Temperature*. In: Tiginyanu I., Sontea V., Railean S. (eds) 5-th International Conference on Nanotechnologies and Biomedical Engineering. ICNBME 2021.IFMBE Proceedings, vol 87. Springer,

4. Teze în culegeri științifice

4.1. în lucrările conferințelor științifice internaționale (peste hotare)

12. D. Tsiulyanu, M. Ciobanu, Using the impedance spectroscopy for investigation of aging, thermal and adsorption properties of glassy chalcogenide films, Abstracts book of the Fifth International Symposium on Dielectric Materials and Applications ISyDMA '5, Marrakech (Morocco), 15-17 April 2020, pp.71-72.
13. Marina Ciobanu, Dumitru Tsiulyanu, ELECTRICAL PROPERTIES OF $As_2 S_3$ $Ge_8 - Te$ THIN FILMS GROWN FROM THE VAPOR PHASE, Abstracts book of the XII International Conference "Electronic Processes in Organic and Inorganic Materials" (ICEPOM-12), June 1 - 5, 2020, Kamianets-Podilskyi, Ukraine, p.58.
14. Dumitru Tsiulyanu, Marina Ciobanu, Olga Mocreac, EFFECT OF NANOSTRUCTURING TO RESPONSE KINETICS OF TELLURIUM THIN FILMS BY NITROGEN DIOXIDE SENSING, Abstracts book of the XII International Conference "Electronic Processes in Organic and Inorganic Materials" (ICEPOM-12), June 1 - 5, 2020, Kamianets-Podilskyi, Ukraine, p. 86.
15. Dumitru Tsiulyanu, Marina Ciobanu, Amorphous chalcogenides based microcells for the fast toxic gas alarm-triggering , Abstracts book of the 12th INTERNATIONAL CONGRESS ON MATHEMATIC, ENGINEERING AND NATURAL SCIENCES, July 9-11, 2021, Paris, France, p.37.
16. D. Tsiulyanu, A. Afanasiev, O. Mocreac, E. Monaico, G.Volodina, Morphology, XRD and EDX study of screen-printed thick films based on SnO_2 / Te nanocomposites, Book of Abstracts of XXV Galyna Puchkovska International School-Seminar "Spectroscopy of Molecules and Crystals" (XXV ISSSMC), September 21-24, 2021, Kyiv, Ukraine, p.138.
17. D. Tsiulyanu, M. Ciobanu, S.A. Kozyukhin, E. Krivogina, Molecular like structural units in sulfur enriched amorphous As-S-Ge alloys, Book of Abstracts of XXV Galyna Puchkovska International School-Seminar "Spectroscopy of Molecules and Crystals" (XXV ISSSMC), September 21-24, 2021, Kyiv, Ukraine, p.38.
18. D. Tsiulyanu, O. Mocreac, A. Afanasiev, E. Monaico, Flexible thin films based on $Te-SnO_2$ nanocomposites and their gas sensing properties, Abstracts book of

13th International Conference on Physics of Advanced Materials (ICPAM-13), Sant Feliu de Guixols, Costa Brava, Spain, September 24 – 30, 2021, pp.222-224.

19. D. Tsiulyanu , S.A. Kozyukhin, M. Ciobanu , Physical - chemical properties of sulfur enriched As-S-Ge glasses related to middle-range order structure, *Abstracts book of the 6-th International Symposium on Dielectric Materials and Applications ISyDMA'6 , 15-17 December 2021, Calais, France.*
<https://isydma6.univ-littoral.fr/> Speakers/Prof. Dumitru TSIULYANU/Moldova
20. M. Ciobanu, A.C. Galca, A. Velea, D. Tsiulyanu, The features of X-ray diffraction in non-stoichiometric AsS₃-GeS₄ glassy thin films, *Abstracts book of the 7-th International Symposium on Dielectric Materials and Applications ISyDMA'7, 06-08 December 2022, Poznan, Poland.* <https://www.isydma7.com/>
21. D. Tsiulyanu, M. Veres, R. Holomb, M. Ciobanu, A. Afanasiev, On the compositional "metastable" state in the intermediate phase region of semiconducting As-S-Ge glasses, Abstracts of the IX Ukrainian scientific conference on Physics of Semiconductors (USCPS-9), Uzhhorod, Ukraine, May 22-26, 2023, pp. 10-12. , ISBN 978-617-8276-25-6.
22. M. Ciobanu, D. Tsiulyanu, A. Velea, A. C. Galca, F. Sava, ID Simandan, Effect of annealing on middle range order of glassy (GeS₄)_x (AsS₃)_{1-x} thin films, Abstracts of the IX Ukrainian scientific conference on Physics of Semiconductors (USCPS-9), Uzhhorod, Ukraine, May 22-26, 2023, pp. 292-293. , ISBN 978-617-8276-25-6.

5. Brevete de invenții și obiecte de proprietate intelectuală, materiale la saloanele de invenții

5.1 Brevete de invenții

1. Țiuleanu Dumitru, Ciobanu Marina, Monaico Eduard, Afanasiev Andrei, Brevet de Invenție Nr. **MD 1520**, *Senzor de gaze toxice*, Eliberat 30.11.2021, Hotărârea AGEPI nr.1933 din 2021.02.16, publicat în Buletinul oficial de proprietate intelectuală Nr. 4 /2021 p. 47.
2. Țiuleanu Dumitru, Mocreac Olga, Afanasiev Andrei, Brevet de invenție: *Detector flexibil de gaze in baza nano - compozitului Te /SnO₂*, Hotărârea AGEPI **nr.10374** din 2023.12. 22 .

5.2 Materiale la saloanele de invenții

1. Medalie de Aur și Diploma de Excelență la Salunul de inventică

PROINVENT 2023, Cluj-Napoca, Romania: *The flexible gas detector based on the Te/SnO₂ nanocomposite*; autori: Țiuleanu Dumitru, Mocreac Olga, Afanasiev Andrei.

6. Lucrări științifico-metodice și didactice (aprobate și publicate în ordinea stabilită)

6.1 Indicații /îndrumări metodice (la lucrări practice, de laborator, stagii de practică, privind elaborarea tezelor de an, licență, masterat)

1. D. Tsiulyanu, M. Ciobanu, O. Mocreac, “Probleme de electrostatică, curent continuu și electromagnetism”. Chișinău: Tipografia Tehnica UTM, 2020, 72 p. ISBN 978-9975-45-631-9.

2. PÎNTEA Valentina, BERNAT Oxana, MOCREAC Olga, Determinarea componentei orizontale a inducției câmpului magnetic al Pământului, Îndrumar de laborator la fizică, 2023, <http://repository.utm.md/handle/5014/22496>

Volumul total al finanțării proiectului 2020-2023

Cifrul proiectului: 20.80009.5007.21

Anul	Finanțarea planificată (mii lei)	Finanțarea Executată (mii lei)	Cofinanțare (mii lei)
2020	244,9	244,9	
2021	244,9	244,9	
2022	244,9	244,9	
2023	288,4	288,4	
Total	1023,1	1023,1	

Conducătorul de proiect



(semnătura)

Dr. hab. Dumitru ȚIULEANU

(numele, prenumele)

Data:

12.01.2024

LȘ



Componența echipei pe parcursul anilor 2020-2023

Cifrul proiectului 20.80009.5007.21

Componența echipei proiectului conform contractului de finanțare 2020

Echipea proiectului conform contractului de finanțare (la semnarea contractului) pentru a. 2020						
Nr	Nume, prenume (conform contractului de finanțare)	Anul nașterii	Titlul științific	Norma de muncă conform contractului	Data angajării	Data eliberării
1.	Țiuleanu Dumitru	1947	dr.hab	0,5	03.01.2020	31.12.2020
2.	Ciobanu Marina	1980	dr.	0,5	03.01.2020	31.12.2020
3.	Mocreac Olga	1977	f-grad	0,5	03.01.2020	31.12.2020
4.	Gutium Serghei	1958	f-grad	0,5	03.01.2020	31.12.2020
5.	Haiducova Mariana	1986	f-grad	0,25	03.01.2020	31.12.2020

Pondereea tinerilor (%) din numărul total al executorilor conform contractului de finanțare	20
---	-----------

Modificări în componența echipei pe parcursul anului 2020					
Nr	Nume, prenume	Anul nașterii	Titlul științific	Norma de muncă conform contractului	Data angajării
1.					

Pondereea tinerilor (%) din numărul total al executorilor la data raportării	20
--	-----------

Componența echipei proiectului conform contractului de finanțare 2021

Echipea proiectului conform contractului de finanțare (la semnarea contractului) pentru a.2021						
Nr	Nume, prenume (conform contractului de finanțare)	Anul nașterii	Titlul științific	Norma de muncă conform contractului	Data angajării	Data eliberării
1.	Țiuleanu Dumitru	1947	dr.hab	0,50	04.01.2021	31.12.2021
2.	Ciobanu Marina	1980	dr.	0,50	04.01.2021	31.12.2021
3.	Mocreac Olga	1977	f-grad	0,50	04.01.2021	31.12.2021
4.	Gutium Serghei	1958	f-grad	0,50	04.01.2021	01.10.2021
5.	Haiducova Mariana	1986	f-grad	0,25	04.01.2021	01.06.2021

Pondereea tinerilor (%) din numărul total al executorilor conform contractului de finanțare	20
---	-----------

Modificări în componența echipei pe parcursul anului 2021					
Nr	Nume, prenume	Anul nașterii	Titlul științific	Norma de muncă conform contractului	Data angajării
1.	Afanasiev Andrei	1997	f-grad	0.25	01.07.2021

Pondereea tinerilor (%) din numărul total al executorilor la data raportării	25
--	-----------

Componența echipei proiectului conform contractului de finanțare 2022

Echipei proiectului conform contractului de finanțare (la semnarea contractului) pentru a. 2022						
Nr	Nume, prenume (conform contractului de finanțare)	Anul nașterii	Titlul științific	Norma de muncă conform contractului	Data angajării	Data eliberării
1.	Țiuleanu Dumitru	1947	dr.hab.	0,50	03.01.2022	31.12.2022
2.	Ciobanu Marina	1980	dr.	0,50	03.01.2022	31.12.2022
3.	Mocreac Olga	1977	f-grad	0,50	03.01.2022	31.12.2022
4.	Gutium Serghei	1958	f-grad	0,25	03.01.2022	31.12.2022
5.	Afanasiev Andrei	1997	f-grad	0,50	03.01.2022	31.12.2022

Ponderele tinerilor (%) din numărul total al executorilor conform contractului de finanțare **20,0**

Modificări în componența echipei pe parcursul anului 2022					
Nr	Nume, prenume	Anul nașterii	Titlul științific	Norma de muncă conform contractului	Data angajării

Ponderele tinerilor (%) din numărul total al executorilor la data raportării **20,0**

Componența echipei proiectului conform contractului de finanțare 2023


Echipei proiectului conform contractului de finanțare (la semnarea contractului) pentru a.2023						
Nr	Nume, prenume (conform contractului de finanțare)	Anul nașterii	Titlul științific	Norma de muncă conform contractului	Data angajării	Data eliberării
1.	Țiuleanu Dumitru	1947	dr.hab.	0,50	03.01.2023	31.12.2023
2.	Ciobanu Marina	1980	dr.	0,50	03.01.2023	31.12.2023
3.	Mocreac Olga	1977	f-grad	0,50	03.01.2023	31.12.2023
4.	Gutium Serghei	1958	f-grad	0,25	03.01.2023	31.12.2023
5.	Afanasiev Andrei	1997	f-grad	0,50	03.01.2023	31.12.2023

Ponderele tinerilor (%) din numărul total al executorilor conform contractului de finanțare **20,0**

Modificări în componența echipei pe parcursul anului 2023					
Nr	Nume, prenume	Anul nașterii	Titlul științific	Norma de muncă conform contractului	Data angajării

Ponderele tinerilor (%) din numărul total al executorilor la data raportării **20,0**

Rector U.T.M.


(semnătura)

dr. hab. Viorel BOSTAN

(numele, prenumele)

Contabil (economist)


(semnătura)

Victoria IOVU

(numele, prenumele)

Conducătorul de proiect


(semnătura)

Dr. hab. Dumitru ȚIULEANU

(numele, prenumele)



**Formular privind raportarea indicatorilor în cadrul proiectului Programe de Stat
pentru perioada 2020 – 2023, cifra 20.80009.5007.21**

Indicator 1	Rezultat				Indicator 2	Rezultat				Indicator 3
	2020	2021	2022	2023		2020	2021	2022	2023	
Nr. de cereri de brevete înregistrate în cadrul proiectului de cercetare finanțat	1	1			Nr. de brevete obținute în cadrul proiectului de cercetare finanțat		1		1	Procentul lucrărilor științifice a în practică, din totalul lucrări publicate în cadrul proiectului cercetare finanțat
Total	1	1					1		1	

Conducătorul de proiect: Tiuleanu DumitruData: 12.01.2024

LȘ



INFORMAȚIE SUPLIMENTARĂ

1. **Nu vor fi examinate** rapoartele incomplete, fără toate semnăturile și parafa instituției și care nu corespund cerințelor de tehnoredactare (pct. 6).
2. Rapoartele finale privind implementarea proiectelor ce implică activități de cercetare **pe animale** vor fi însoțite de avizul Comitetului de etică național/instituțional în corespundere cu HG nr.318/2019 *privind aprobarea Regulamentului cu privire la organizarea și funcționarea Comitetului național de etică pentru protecția animalelor folosite în scopuri experimentale sau în alte scopuri științifice* (https://www.legis.md/cautare/getResults?doc_id=115171&lang=ro).
3. Rapoartele finale privind implementarea proiectelor ce implică activități de cercetare **cu implicarea subiecților umani** vor fi însoțite de avizul Comitetului instituțional de etică a cercetării, în corespundere cu prevederile *Convenției europene pentru protecția drepturilor omului și a demnității ființei umane față de aplicațiile biologiei și medicinei*, adoptată la Oviedo la 04.04.1997, semnată de către RM la 06.05.1997, **ratificată prin Legea nr. 1256-XV din 19.07.2002, în vigoare pentru RM din 01.03.2003**) și a protocoalelor adiționale.
4. **Nu pot fi prezentate informații identice în Rapoartele finale ale mai multor proiecte.**
5. Se acceptă publicațiile în care expres sunt stipulate datele de identificare ale proiectului (denumire și/sau cifra).
6. **Cerințe de tehnoredactare a Raportului:**
 - a) Se va exclude textul în culoare roșie din raportul final, întrucât reprezintă precizări referitor la informația solicitată (de ex. *denumirea și cifra, perioada de implementare a proiectului, anul/anii; nume, prenume; etc.*).
 - b) Câmpurile cu mențiunea „*optional*” se completează dacă sunt rezultate ce se încadrează în activitățile respective. În absența rezultatelor, câmpurile rămân **necompletate (nu se exclud rubricile respective)**.
 - c) Raportul se completează cu caractere TNR – 12 pt, în tabelele referitor la buget și personal – 11 pt; interval 1,15 linii; margini: stânga – 3 cm, dreapta – 1,5 cm, sus/jos – 2 cm.
 - d) **Copertarea se va face după modelul european – spirală.**