

Fenomenul de recombinare iradiațională în compuşii tioindaţilor de zinc la excitarea cu raze X și electroni accelerați

E. Aramă; V. Pîntea¹

State University of Medicine and Pharmacy N. Testemitanu

¹Technical University of Moldova, Chisinau, Moldova

pintea-vutm@mail.ru

Abstract: This article provides the investigation results concerning the Roentgen luminescence of ternary compounds $Zn_xIn_2S_{3+x}$ ($x=1,2,3$) at 300 and 100K. It highlights the peculiarities of luminescent radiation stimulation by X rays and accelerated electrons, as well as the influence of the re-absorption phenomenon on the emission spectrum in the spectral region where the absorption coefficient gets considerable values as of $10^2 cm^{-1}$. By comparing the spectra of RL and CL, insights are given into the character of transitions responsible for the Roentgen luminescence strips.

Termeni cheie - compuşii ternari, electroni accelerați, raze X, roentghenoluminescență (RL), catodoluminescență (CL).

I. INTRODUCERE

Reieşind din analiza surselor bibliografice se cunoaşte că etapele finale de transformare a energiei excitante, fie a electronilor accelerați sau a razelor X sunt identice. Însă dependența caracterizărilor spectrale de natura radiației excitante poate fi semnificativă, considerând particularitățile interacțiunii diferitor radiații (fotoni, electroni sau raze X) cu substanța.

II. ANALIZA REZULTATELOR EXPERIMENTALE

În cazul excitării luminescenței cu fotoni de energii mari (röntghenoluminescența, RL) produsul inițial al interacțiunii sunt electronii cu energii mari (de ordinul a zeci de eV), care la rândul lor, pe parcursul traectoriei formează electroni secundari de energii mici, zmulși de pe nivelele superioare ale atomilor cu care interacționează. Aceste canale de ionizare poartă denumirea de trasee, diametrul efectiv al căruia depinde de natura și energia radiației excitante. Pentru razele X, diametrul traseului este de ordinul a zeci de angstromi, pe când pentru electronii cu energii de ordinul a zeci de keV \square 6000 Å. În funcție de tipul și energia radiației incidente diferă și densitatea de ionizare în traseu. În cazul RL, traseele (pentru timpul real de existență a stării de excitare $\approx 10^{-8}$ s) nu se acoperă, ceea ce determină așa particularități specifice acestui fenomen ca: 1) lipsa luminescenței stimulate, adică RL se caracterizează prin dependența liniară a intensității radiației luminescente de intensitatea radiației excitante, ceea ce se explică prin mărirea numărului de trasee nu și a densității de ionizare în traseu; 2) sensibilitatea ridicată a RL față de așa factori exteriori ca temperatura și radiația infraroșie; 3) dependența caracterizărilor luminescenței relaxate (de după întreruperea excitației) și al spectrului de emisie, de energia fotonilor excitanți. În cazul CL se realizează acoperirea traseelor

și în anumite condiții de excitare poate fi observat fenomenul de radiație stimulată [1].

Un fenomen important, care merită luat în considerație atât în cazul CL cât și în cazul RL este reabsorbția radiației luminescente în interiorul substanței. În cazul CL reabsorbția este mică în regiunea tranzițiilor între nivelele de tipul donor-acceptor, din banda de energii interzise, însă trebuie luată în considerație în cazul investigațiilor la temperaturi joase, la care se manifestă tranzițiile de tipul bandă-bandă.

În cazul RL fenomenul de reabsorbție este necesar de a fi luat în considerație pentru compuşii $Zn_3In_2S_6$ (figura 1, curba 2). În regiunea energiilor $\hbar\omega > 1,9eV$, coeficientul de absorbție α crește până la $10^2 cm^{-1}$, ceea ce presupune modificarea spectrului de emisie în regiunea dată. Calculul teoretic conform relației (1), ne dă spectrul modificat.

$$I(\lambda) = (1-R)I_0(\lambda)(1-e^{-\alpha x})/\alpha x, \quad (1)$$

unde: $I(\lambda)$ este spectrul real, calculat conform formulei 1 (Figura 1, curba 3); R - coeficientul de reflexie al compuşilor $Zn_3In_2S_6$, care în regiunea dată este practic constant $\approx 10\%$; α - valoarea coeficientului de absorbție la energii $\hbar\omega > 1,9eV$; x - grosimea cristalului - 1mm; I_0 - spectrul înregistrat (Figura 1, curba 2).

Spectrele de RL ale compuşilor cercetați sunt reprezentate pe figurile 1 - 3. Caracterizările spectrale, adică poziția maximurilor pe scara energiilor cât și semilățimea fâșiilor de emisie sunt expuse în tabelele 1 - 3. Curbele cu numărul 1 corespund temperaturii 300K, iar curbele cu numărul 2 - 100K. Pentru comparare, în tabelele 1-3 sunt expuse aceleași caracterizări ale spectrelor de CL pentru compuşii investigați [2].

Din analiza datelor experimentale putem concluda că pentru același mod de excitare RL sau CL, poziția maximurilor spectrelor cât și semilățimea fâșiilor de emisie depind considerabil de componența chimică a materialului, adică de valoarea lui x . Din cercetările catodoluminescenței [2] urmează că fâșia roșie cu maximul 1,76eV este legată cu tranzițiile electronilor din distribuția stărilor din coada benzii de conductibilitate pe nivelul acceptorului din banda de energii

interzise. Această fâșie a fost înregistrată și în cazul fotoluminescenței [3].

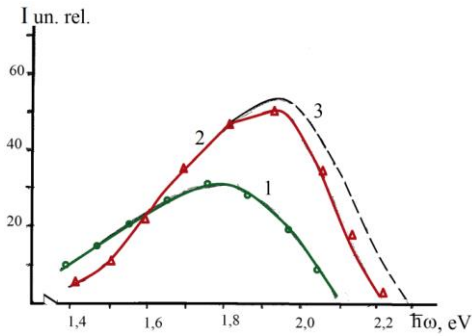


Fig. 1. Spectrele de RL ale compușilor $Zn_3In_2S_6$, curba 1- 300K, curba 2 – 100K.

TABEL I.

Caracteristicile spectrale ale compusului $Zn_3In_2S_6$

	RL	CL	RL	CL
$Zn_3In_2S_6$	300K		100K	
$\hbar\omega_{max}, eV$	1,80	2,02	1,90	2,22
$\hbar\omega/2, eV$	0,54	0,32	0,48	0,28

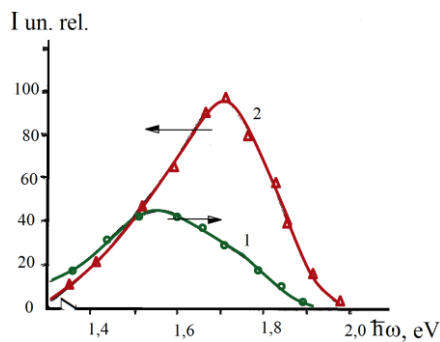


Fig.2. Spectrele de RL ale compusului $Zn_2In_2S_5$, curba 1- 300K, curba 2 – 100K.

TABEL II.

	RL	CL	RL	CL
$Zn_2In_2S_5$	300K		100K	
$\hbar\omega_{max}, eV$	1,60	1,94	1,70	2,22
$\hbar\omega/2, eV$	0,42	0,32	0,30	0,26

Este justificat faptul să legăm fâșiile de RL expuse pe figura 1-3 la temperaturi de 300 și 100K, cu tranziții de același tip, luând în considerație unile particularități ale RL în primul rând a unei densități de ionizare, mult mai mici decât în cazul CL.

Un alt factor ce influențează asupra eficacității fenomenului de RL este randamentul mic care caracterizează procesul de formare a radiației X în tubul röntghen.

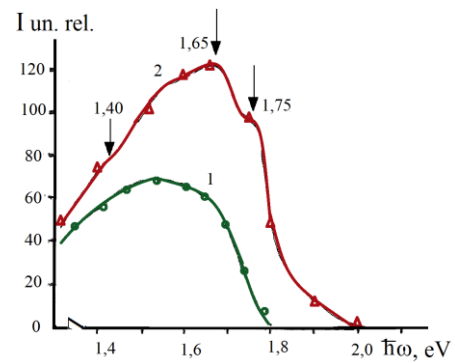


Fig.3. Spectrele de RL ale compușilor $ZnIn_2S_4$, curba 1- 300K, curba 2 – 100K.

TABEL III.

	RL	CL	RL	CL
$ZnIn_2S_4$	300K		100K	
$\hbar\omega_{max}, eV$	1,55	1,76	1,65	1,88
$\hbar\omega/2, eV$	0,45	0,28	0,45	0,27
Platou, eV	-	-	1,40	1,75

În conformitate cu [4] randamentul tubului röntghen poate fi calculat folosind expresia:

$$\eta = 10^{-9} Z U V^{-1}, \quad (2)$$

unde Z - numărul de ordine al elementului; U - tensiunea de accelerare a electronilor ce bombardează anticatodul. Calculul conform (2), pentru anticatodul din Fe ne dă pentru η valori de ordinul 0,1% pentru tensiunea de accelerare $10^4 V$.

III. CONCLUZIE

Potrivit rezultatelor investigațiilor experimentale efectuate asupra RL compușilor $Zn_xIn_{2-x}S_{3+x}$ ($x = 1, 2, 3$) la temperatura 300 și 100K, am evidențiat particularitățile excitării radiației luminescente prin raze X și electroni accelerați și influența fenomenului de reabsorbție asupra spectrului de emisie în regiunea spectrală unde coeficientul de absorbție atinge valori considerabile de ordinul $10^2 cm^{-1}$. Iar în baza comparării spectrelor de RL și CL se conchide asupra caracterului tranzițiilor responsabile de fâșiile de RL.

IV. BIBLIOGRAFIE

1. В. Житарь; А. Мачуга, С. Радауцан. Оптика и спектроскопия. 51, стр. 948 (1981).
2. E. Gheorghită; A. Maciuga; R. Radu; V. Pîntea. Conductibilitatea iradițională a monocristalelor $ZnIn_2S_4$. The Xth International Scientific Conference Modern Tehnologies, Quality, Restructuring, TMCR-2006, Iassy, pag. 1601-1604, 25th-27th may, 2006.
3. А. Георгобиани; С. Радауцан; И. Тигиняну. ФТП, 19, стр. 193 (1985).
4. Р., Поль. Оптика и спектроскопия. Изд. Наука, Москва, 1966, стр. 395.