

ABSORBȚIA ȘI LUMINISCENTA FUNDAMENTALĂ A MONOCRISTALELOR STRATIFICATE DE SULFURĂ DE GALIU

Ecaterina CRISTEA^{1,2*}

¹Laboratorul de spectroscopie optică și comunicații optice, Centrul Național de Studiu și Testare a Materialelor, doctorandă an. 2, Universitatea Tehnică a Moldovei, Bd. Ștefan cel Mare 168, Chișinău, Republica Moldova

²Departamentul Telecomunicații și Sisteme Electronice, lect. univ., Facultatea Electronică și Telecomunicații, Universitatea Tehnică a Moldovei, Bd. Ștefan cel Mare 168, Chișinău, Republica Moldova

*Autorul corespondent: Ecaterina CRISTEA, e-mail ecaterina.cristea@srco.utm.md

Abstract. *Dependența de polarizare a absorbției și spectrele de luminiscentă sunt studiate la temperaturi diferite în regiunea începerii absorbției fundamentale. Se determină că tranzițiile indirecte minimale au loc de la minimumul benzii de conducție C_1 (punctul M) la banda de valență în centrul zonei Brillouin (punctul Γ). Distanța dintre aceste puncte la 10 K este de 2.4484 eV. Există și tranziții indirecte de la a doua zonă C_2 (punctul M) la centrul zonei Brillouin, se determină că distanța dintre aceste extreme este de 2.4912 eV la 10 K. Despicarea zonelor C_1 - C_2 în punctul M a zonei Brillouin este de 43 meV. În spectrele de luminiscentă au fost găsite benzi asociate cu autoabsorbția energiei emise de fononii implicați în tranzițiile indirecte.*

Keywords: *Monocristalele stratificate, spectroscopia optică, fononi, spectre de absorbție și luminiscentă.*

Introducere

Interesul crescut pentru cristalele stratificate de sulfură de galiu (GaS) se datorează faptului că acestea au proprietăți luminescente ridicate și fotosensibilitate ridicată la radiație ultravioletă, vizibilă, infraroșie și raze X [1]. Aceste cristale sunt materiale promițătoare pentru crearea de dispozitive optoelectronice [2], precum și detectoare de particule elementare [3] și radiații electromagnetice dure [4]. Semiconductorii stratificați în structura lor cristalină sunt intermediari între cristalele ionice și cele moleculare, datorită legăturilor chimice. În cristalele stratificate, interacțiunea dintre atomi dintr-un strat este destul de puternică și este de natură ionică sau covalentă, în timp ce interacțiunea dintre straturi este de tip Van der Waals [5].

Tehnologia modernă a semiconductorilor se bazează pe crearea structurilor optoelectronice puternic dopate și oferă o schimbare eficientă a proprietăților unui semiconductor la adâncimi controlate [6]. Multe efecte aplicate necesită o cunoaștere completă și mai precisă a parametrilor cristalului de bază. În ciuda progresului semnificativ în dezvoltarea aplicată a dispozitivelor optoelectronice bazate pe semiconductori stratificați de tip III-VI [7], parametrii acestor cristale nu au fost pe deplin determinați. Cristalele de GaS reprezintă un material promițător ca element de lucru al LED-urilor care emit lumină în intervalul de la albastru la verde [5].

În această lucrare, se prezintă rezultatele experimentale măsurate la temperaturi scăzute ale studierii spectrelor de absorbție și luminiscentei în regiunea în care începe absorbția de margine. Se determină valorile tranzițiilor indirecte la minimumul decalajului dintre benzi și despicarea acestor benzi. A fost descoperită autoabsorbția energiei radiate de către fononii care participă la tranzițiile indirecte.

Tehnica experimentală

Monocristalele de GaS au fost crescute prin metoda Bridgman. Cristalele au avut dimensiuni de $1.2 \times 5 \text{ cm}^2$ și grosime de până la 5 mm. Suprafața cristalului a fost netedă ca oglindă în direcția perpendiculară pe axa c a cristalului. Cristalele au fost cu ușurință despicate în plăci cu suprafețe plan-paralele de diferite grosimi (250 nm – 5 mm). Plăcile subțiri cu o grosime de aproximativ 250 nm au putut fi obținute folosind banda adezivă. Calitatea cristalelor și corespondența lor cu un anumit grup spațial a fost verificată prin metode Raman și cu raze X.

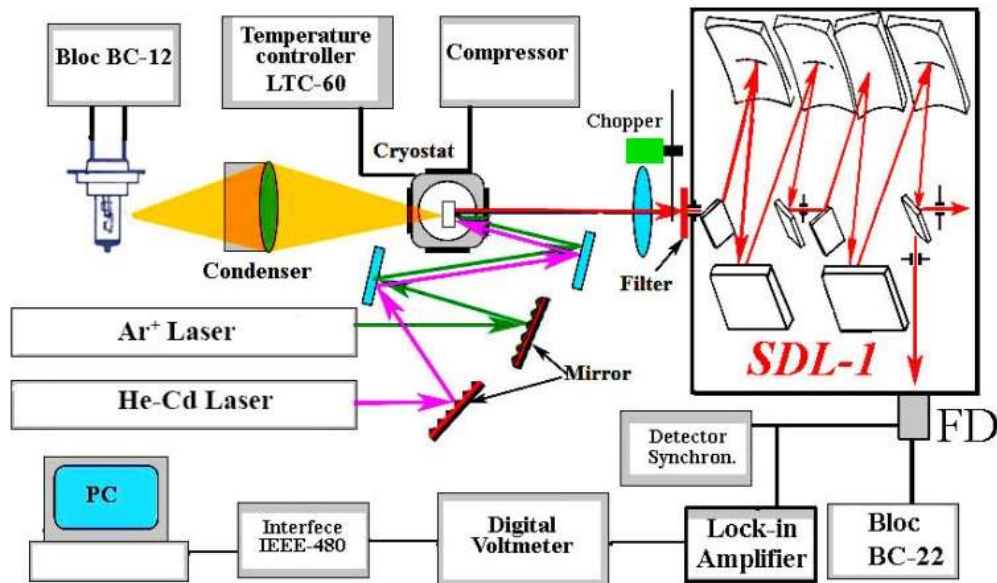


Figura 1. Instalația experimentală pentru măsurarea spectrelor de luminiscentă la temperaturi joase pe baza spectrometru dublu SDL-1

Spectrele de absorbție la temperatură scăzută ale cristalelor plasate într-un sistem criogenic optic LTS-22 C 330 cu heliu închis au fost măsurate cu un spectrometru MDR-2 cu un raport de deschidere de 1:2 și o dispersie liniară de 7 Å/mm. Majoritatea măsurătorilor au fost efectuate cu fantele de intrare și de ieșire ale spectrometrului care nu depășesc 70 μm, adică cu o rezoluție de ~0.5 meV. Spectrele de luminiscentă au fost măsurate pe un spectrometru cu deschidere dublă SDL-1 cu un raport de deschidere de 1:2 și o dispersie liniară de 7 Å/mm. Reprezentarea schematică a configurației pentru măsurarea spectrelor de luminescență este prezentată în Fig. 1.

Rezultatele experimentale și discuții

În Figura 2 se prezintă spectrul de absorbție a unui cristal de GaS măsurat la temperatura de 10 K. Spectrul arată clar caracteristicile ph_1 (2.5591 eV), ph_2 (2.5740 eV), ph_3 (2.5910 eV) și ph_4 (2.6100 eV), care sunt datorate participării fononilor la tranzițiile indirecte.

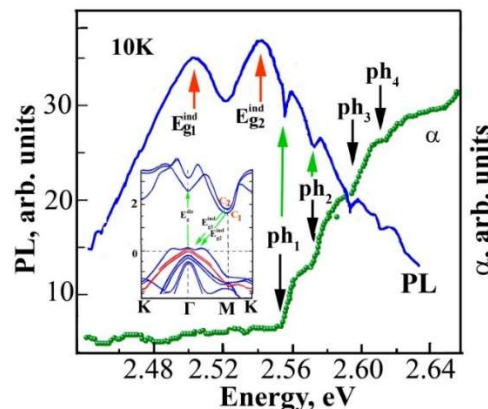


Figura 2. Spectrele de luminescență (PL) în comparație cu spectrul de absorbție (α) al monocristalelor de GaS cu o grosime de 250 nm. Inserul arată structura benzii a GaS

Comparând energiile treptelor cu energiile fononilor obținute din spectrele de împrăștiere Raman [8], se stabilește tipul și simetria fononilor care iau parte la aceste tranziții. Caracteristica ph_1 se datorează participării fononilor de simetrie $E_{1g}^1 + A_{1g}^2$, pasul ph_2 se datorează participării fononilor $A_{1g}^1 + A_{1g}^2$, iar pasul ph_3 se datorează fononilor $A_{1g}^2 + E_{2g}^2$. Figura 2 compară spectrele de luminiscentă și absorbție măsurate la același interval spectral și rezoluție.

În spectrele de luminiscentă la temperatura de 10 K prezentate în Fig. 2 este dominat de două maxime E_{g1}^{ind} la 2.5084 eV și E_{g2}^{ind} la 2.5479 eV datorită tranzițiilor indirecte. Insertul din Figura 2 arată structura benzii și indicate aceste tranziții indirecte. În spectrele de luminiscentă, scăderea intensității este vizibilă clar la energiile singularităților spectrelor de absorbție ph_1-ph_4 . Aceste caracteristici sunt legate de faptul că energia radiată este absorbită de fononii implicați în tranziții indirecte. Scăderea intensității ph_1 în PL este separată de energia tranzițiilor indirecte E_{g1}^{ind} (2.5084 eV) la o distanță de 50.7 meV, care este egală cu suma energiilor fononilor $E_{1g}^1 + A_{1g}^2$. Scăderea ph_2 în spectrele PL este separată de energia E_{g1}^{ind} la o distanță de energie de 65.6 meV, care este egală cu suma energiei $A_{1g}^1 + A_{1g}^2$. După cum a fost menționat mai sus, scăderea ph_3 se datorează fononilor $A_{1g}^2 + E_{2g}^2$.

Concluzii

Tranzițiile indirecte minimale de la minimul benzii de conducere C_1 în punctul M la centrul zonei Brillouin în punctul Γ sunt de 2.4484 eV la o temperatură de 10 K. Tranziții indirecte de la a doua zonă C_2 în punctul M la centrul zonei Brillouin este de 2.4912 eV (10 K). Despicarea zonelor C_1-C_2 în punctul M al zonei Brillouin este de 43 meV. Pe contururile spectrelor de luminiscentă se observă benzi asociate cu autoabsorbția energiei emise de către fononii care participă la tranziții indirecte. Tranzițiile indirecte implică fononi de simetrie $E_{1g}^1 + A_{1g}^2$, $A_{1g}^1 + A_{1g}^2$ și $A_{1g}^2 + E_{2g}^2$.

Mulțumiri

Autorul aduce mulțumiri coordonatorului tezei de doctorat dr., conf. cerc. Victor ZALAMAI. Această lucrare a fost elaborată în cadrul proiectului bilateral „Nano- și hetero-structuri în baza oxidului de zinc și a compușilor semiconductori A^3B^5 pentru optoelectronică, fonică și biosenzorică” cu cifrul 22.80013.5007.4BL.

Referențe

1. MADATOV, R.S., TAGIYEV, T.B., NAJAFOV, A.I., GABULOV, I.F. SHEKILI, Sh.P. In: *Semiconductor Physics, Quantum Electronics & Optoelectronics*, 2006, 9(2), pp. 8-13.
2. OHYAMA, M., HIROSHI, I., Takeuchi, M. In: *Japanese Journal of Applied Physics* 2005, 44(7A), pp. 4780–4783.
3. FINKMAN, E., RIZZO, A. In: *Solide State Communcations* 1974, 5(11-12), pp. 1841–1845.
4. KIPPERMAN, A.H.M., VAN der LEEDEN, G.A. In: *Solide State Communcations*, 1968, 6(9), pp. 657–662.
5. HOA. C.H., LIN, S.L. In: *Journal of Applied Physics*, 2006, 100(8), pp. 83508-83515.
6. An, WEI, WU, Feng, Jiang, HONG, Tian, GUANG-SHAN, Li, XIN-ZHENG In: *Journal of Chemical Physics*, 2014, 141. pp. 084701(7).
7. AONO, T., KASE, K., KINOSHITA, A. In: *Journal of Applied Physics*, 1993, 74, pp. 2818-2833.
8. GARIBOV, A.A., MADATOV, R.S., KOMAROV, F.F., PILKO, V.V., MUSTAFAYEV, Y.M., AHMADOV, F.A., JANGIROV M.M. Ion scattering and raman scattering spectrometry in GaS monocrystals exposed to irradiation by hydrogen with 140 keV. In: *Semiconductors* 2015, 49, pp. 586–589.