

## ОСОБЛИВОСТІ КРАЮ ВЛАСНОГО ПОГЛИНАННЯ МОНОКРИСТАЛІВ $Hg_3Te_2Cl_2$

З.П.Гадьмаші, Л.М.Сусліков, В.В.Панько, Є.Ю.Переш,  
В.О.Стефанович

Ужгородський національний університет, 88000, Ужгород, вул.Підгірна,46

Досліджуються особливості довгохвильового краю поглинання моно-кристалів  $Hg_3Te_2Cl_2$  при  $T=300K$ . Встановлюється характер електронних переходів, відповідальних за формування краю власного поглинання, та визначається ширина забороненої зони даних кристалів.

Потрійні халькогеніди ртуті  $Hg_3B_2^VI C_2^VII$  ( $B^{VI}-S, Se, Te$ ;  $C^{VII}-F, Cl, Br, J$ ) належать до родини природного мінералу кордероїту (кристалізуються в кубічній структурі, просторова група  $I2_13$ ), фізичні властивості яких, в тому числі і оптичні, практично не вивчені. Разом з тим, незначна кількість інформації, яка існує на даний час [1-4], свідчить про оригінальне поєднання властивостей цих матеріалів. За попередніми оцінками вони можуть представляти інтерес для практичного застосування, зокрема в електро- і акустооптичних модуляторах випромінювання [5-7]. Так як вони є структурними аналогами оптично активних кристалів типу силеніту ( $Bi_{12}GeO_{20}$ ,  $Bi_{12}SiO_{20}$ ), деякі з них можуть бути використані в якості елементів пристроїв для запису і зберігання інформації [8,9], світлових затворів, дефлекторів, в дина-мічній голографії [10-12], в просторово-часових модуляторах світла з оптичним управлінням [13,14] та інших пристроях, основою яких є явища взаємодії світлових пучків.

Все це вказує на необхідність досконального дослідження широкого спектру оптичних властивостей кристалів халькогалогенідів ртуті з метою вивчення їх характерних особливостей та виявлення областей їх практичного застосування.

В даній роботі досліджується довгохвильовий край фундаментального

поглинання кристалів  $Hg_3Te_2Cl_2$ . Край фундаментального поглинання в напівпровідниках відповідний порогу електронних переходів, вивчення яких може дати інформацію про електронні стани по-близьку екстремумів зон, встановити тип переходів, визначаючих ширину забороненої зони кри-сталу.

З метою в'яснення характеру міжзонних переходів, відповідальних за формування довгохвильового краю власного поглинання та визначення мінімальної ширини забороненої зони  $Hg_3Te_2Cl_2$  нами було досліджено спектр поглинання даної сполуки. Дослідження проводились при  $T=300K$ . Кристали  $Hg_3Te_2Cl_2$  були одержані методом сублімації без пере-вантаження після синтезу [2]. Спочатку була визначена область прозорості  $Hg_3Te_2Cl_2$ . Пропускання плоскопаралельної пластинки товщиною 3.74мм досягає 60% і охоплює діапазон довжин хвиль 0.6-27мкм.

Для знаходження коефіцієнту поглинання  $\alpha$  використовували методику двох товщин. Зразки виготовляли таким чином, щоб співвідношення двох послідовних товщин складало 2,5+3,0, поскільки в цьому випадку відносна похибка  $\delta\alpha=\Delta\alpha/\alpha$  визначення  $\alpha$  є мінімальною і складає 6-7% [15]. Вимірювання проводили на пластинах слідуєчих товщин: 4.000, 1.439, 0.566, 0.198, 0.068, 0.022 мм. Це дозволило

перекрити область вимірювання  $\alpha$  від  $\approx 1$  до  $2.4 \times 10^3 \text{см}^{-1}$ . Виділений енергетичний потенціал не перевищував  $8 \times 10^{-4} \text{eV}$ .

Отримана залежність  $\alpha=f(h\nu)$  представлена на рис. 1.

В інтервалі довгих хвиль, де поглинання не перевищує  $60 \text{см}^{-1}$ , коефіцієнт поглинання мало змінюється з енергією фотона, що зумовлює затягнутий хвіст поглинання в області малих значень  $\alpha$ . При енергії  $\approx 2.49 \text{eV}$  спостерігається невеликий поріг поглинання, який більш виразно проявляється в залежності  $\alpha^{1/2}=f(h\nu)$  (рис.2).

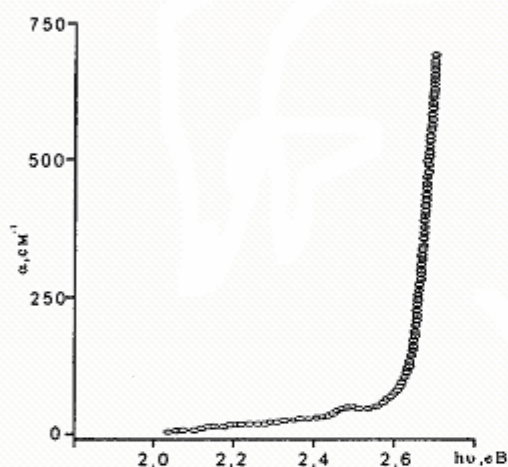


Рис.1 Край поглинання кристалу  $Hg_3Te_2Cl_2$ .

Походження цієї особливості зв'язано, очевидно, з наявністю домішок, які утворюють широкий акцепторний рівень поблизу вершини валентної зони або донорний рівень поблизу дна зони провідності. Переходи з домішкових рівнів в зону провідності або з валентної зони на донорні рівні створюють неперервний спектр поглинання, що призводить до суттєвого розмиття довгохвильового краю поглинання. Високоенергетичне порогове значення домішкового поглинання якраз і визначає спектральне положення спостережуваної особливості. Круте зростання кривої поглинання в області енергій, де

$\alpha > 2 \times 10^2 \text{см}^{-1}$ , дає змогу стверджувати, що тут мають місце непрямі дозволені переходи.

Переважаючий механізм міжзонних переходів, що відповідають за форму кривої краю поглинання  $Hg_3Te_2Cl_2$ , визначався аналізом залежності  $\alpha=f(h\nu)$  за допомогою співвідношень виду  $\alpha \sim (h\nu - E_g)^n$ , де  $n=1/2$  і  $2$  для прямих і непрямих дозволених переходів відповідно,  $E_g$ -ширина забороненої зони. При цьому встановлено наявність як прямих, так і непрямих оптичних переходів. Згідно теорії міжзонних переходів [16], коефіцієнт поглинання при непрямих переходах може бути представлений як  $\alpha(h\nu) = \alpha_a(h\nu) + \alpha_c(h\nu)$ , де  $\alpha_a(h\nu)$  описує переходи при енергіях фотону  $h\nu > E_g^{\text{непр.}} - E_\phi$  ( $E_\phi$ - енергія фону), що пов'язані з поглинанням фононів, а  $\alpha_c(h\nu)$  – переходи, пов'язані з випромінюванням фононів в інтервалі енергій  $h\nu > E_g^{\text{непр.}} + E_\phi$ . В зв'язку з цим на залежності  $\alpha^{1/2}=f(h\nu)$  маємо спостерігати низку зламів, енергетичне положення яких визначає ширину забороненої зони для непрямих переходів і енергію фону. Труднощі полягають у правильному виборі основної ділянки непрямих переходів, в межах якого  $(h\nu)_a \leq h\nu \leq (h\nu)_c$  та  $(h\nu)_c - (h\nu)_a = 2E_\phi$ . Для кристалів  $Hg_3Te_2Cl_2$  при значеннях  $\alpha < 200 \text{см}^{-1}$  на кривій  $\alpha^{1/2}=f(h\nu)$  спостерігаються три злами (рис.2). Злам при  $2,61 \text{eV}$  природньо зв'язати із переходами з поглинанням фону. Тоді злам при  $2,655 \text{eV}$  зумовлений непрямими переходами з випромінюванням того ж фону. Розраховані значення ширини забороненої зони для непрямих переходів і енергії фону складають  $2.632$  і  $0.022 \text{eV}$  відповідно. Дана інтерпретація і вибір основної ділянки вважаємо допустимими, оскільки саме з довгохвильової сторони в перехід включаються фонони з великою енергією. Поглинання ж з випромінюванням фононів починається із випромінювання низькоенергетичних фононів. Якщо врахувати, що спектр однофотонного поглинання кристалу



охоплює інтервал частот  $0-200\text{см}^{-1}$ , то вказаний вибір основної ділянки є єдино можливим. Звідси можна зробити висновок, що непрямі переходи в даному кристалі відбуваються за участі фононів тільки одного типу. Відносно велика частота ( $181\text{см}^{-1}$ ) дозволяє вважати, що цей фонон – оптичний. В протилежному

випадку, тобто, якщо процес поглинання відбувається за участю акустичного фонону, для пояснення його енергії необхідно припустити, що мінімум зони провідності  $\text{Hg}_3\text{Te}_2\text{Cl}_2$  суттєво зміщений  $\vec{k}$ -просторі відносно точки локалізації валентної зони.

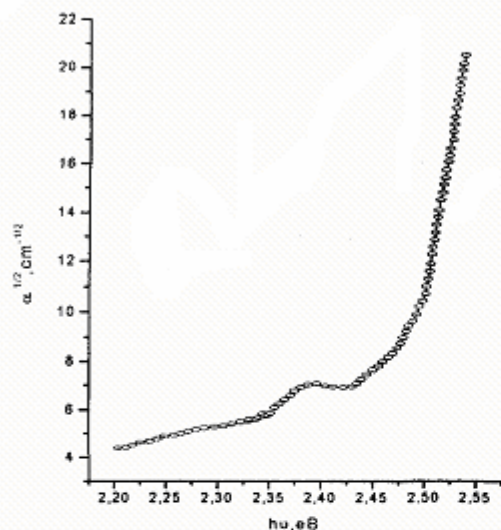


Рис.2 Залежність  $\alpha^{1/2}$  від енергії фотону для кристалу  $\text{Hg}_3\text{Te}_2\text{Cl}_2$

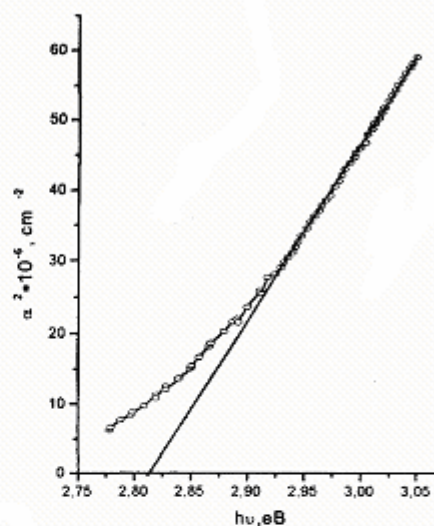


Рис.3 Залежність  $\alpha^2$  від енергії фотону для кристалу  $\text{Hg}_3\text{Te}_2\text{Cl}_2$

При значеннях  $\alpha > 200\text{см}^{-1}$  форма кривої поглинання добре описується виразом, характерним для прямих переходів без врахування взаємодії між електроном та диркою (рис.3). Екстраполяція лінійної ділянки залежності  $\alpha^2=f(hv)$  до значення  $\alpha=0$  дає значення ширини забороненої зони для непрямих переходів, рівне  $2.82\text{eV}$ . Відмітимо, що апроксимація кривої дисперсії величини питомого обернення площини поляризації світла, що проходить через кристал  $\text{Hg}_3\text{Te}_2\text{Cl}_2$ , одержаної в [2], одночленною формулою Друде дає значення енергії міжзонного переходу, відповідального за оптичну активність в даному кристалі, рівну  $2.94\text{eV}$ . Видно, що воно узгоджується з прямою шириною забороненої зони досліджуваного кристалу.

Таким чином, на основі одержаних результатів можна зробити висновок, що

в кристалах  $\text{Hg}_3\text{Te}_2\text{Cl}_2$  мають місце як непрямі, так і прямі оптичні переходи, а заборонена зона зв'язана з екстремумами зон, розміщеними в різних точках зони Бріллюена.

1. R.Nitsche. Mater. Res. Bull. 7,7. 679-683(1972)
2. Ю.В.Ворошилов, З.П.Гадьмаши, В.Ю.Сливка, В.А.Худолий. Изв. АН СССР. Неорган. матер. -17,11,2022-2024 (1981).
3. Т.М.Леонова, В.В.Свиридов. Изв. АН СССР. Неорган. матер. 5, №7, 1194-1199 (1969)
4. Т.М.Леонова, В.В.Свиридов. Фотохромные свойства селеноиодида ртути. Минск, (1970) 154с.
5. В.Ф.Глушков. Изв. АН СССР. Неорган. матер. 12,4, 717-721 (1976).

6. П.Н.Заказнов, Ю.В.Попов. Письма ЖТФ, **5**,21,1304-1307,(1979).
7. F.Höller, H.I.Tisiani. Opt. Commun. **58**,1,20-24,(1986).
8. А.А.Бережной,П.Н.Заказнов,Ю.В.Попов, Письма ЖТВ,**4**,9,553-556,(1978).
9. S.I.Stepanov, M.P.Petrov. Optica Acta, **31**,12,1335-1343 (1984).
10. H.Rajbenbach, I.P.Huignard, B.Loiseaux. Optics. commun.,**48**,4,247-252 (1983).
11. A.G.Apostolidis, S.Mallick, D.Rouede et al. Optics. commun.,**56**,2,73-78 (1985).
12. I.P.Herrian, I.P.Huignard, A.G.Apostolidis,S.Mallick. Optics. commun.,**56**,3,141-144 (1985).
13. J.Feinleib, D.S.Oliver. Appl. opt. **11**,12,2753-2759 (1972).
14. А.В.Хоменко, М.П.Петров, М.В.Красинькова. Письма ЖТВ,**5**,6,534-538 (1984).
15. F. Z.Oswald .Naturforsch.,**14a**,4,374-379 (1959).
16. В.П.Грибковский. Теория поглощения и испускания света в полупроводниках. Минск, (1975) 463с.

## **PECULIARITIES OF THE MONOCRYSTAL $\text{Hg}_3\text{Te}_2\text{Cl}_2$ ABSORPTION EDGE**

**Z.P Gadymashi., L.M. Suslikov, V.V.Panyko, J.Yu.Peres, V.O.Stefanovich**

Uzhgorod National University, 88000, Uzhgorod, Pidgirna str., 46

The results of monocrystal  $\text{Hg}_3\text{Te}_2\text{Cl}_2$  absorption edge investigations at  $T=300\text{K}$  are presented. The character of electronic transitions between the valence and conduction bands is determined.