

Д.М. Фреїк, О.І. Ільків, Л.І. Никируй, О.М. Возняк, В.Ф. Пасічняк

Механізми розсіювання носіїв заряду у легованих напівпровідникових кристалах $A^{IV}B^{VI}$

*Фізико-технічний факультет Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника,
вул. Шевченка, 57, Івано-Франківськ, 76025, Україна, E-mail: intelect@pu.if.ua*

Досліджено вплив легування домішками III групи Періодичної таблиці елементів на механізми розсіювання носіїв заряду у кристалах халькогенідів свинцю. Визначено концентраційні та температурні межі домінування розсіювання носіїв на йонізованій донорній домішці індію та акцепторній домішці талію. Аналіз здійснено на основі базових принципів варіаційного підходу у розв'язанні рівняння Больцмана та кейнівського закону дисперсії.

Ключові слова: напівпровідники кристали $A^{IV}B^{VI}$, домішки, талій, індій, механізми розсіювання, рухливість носіїв заряду, варіаційний підхід.

Стаття постуила до редакції 12.11.2007; прийнята до друку 15.02.2008.

I. Вступ

Елементи III групи Періодичної таблиці елементів (Ga, In, Tl) надають напівпровідникам $A^{IV}B^{VI}$ своєрідні властивості, які обумовлені, в основному, завдяки утворенням глибоких резонансних домішкових станів електронів [1-4]. Загальним ефектом є стабілізація хімічного потенціалу на цих рівнях. Характерною особливістю для цих елементів є те, що їх домішкові рівня утворюються у різних областях електронного енергетичного спектру кристалів. Так, галій, індій в PbTe створюють стани в зоні провідності поблизу її краю, хімічний потенціал стабілізується в цій частині енергетичного спектру, і тому вони є донорами. Талій в халькогенідах свинцю і той же індій, але в SnTe, утворюють резонансні стани всередині валентної зони і являються акцепторами. Так, зокрема, відстань квазілокального рівня In від дна зони провідності у PbTe складає $0,07 \pm 0,01$ eV при $T = 0$ K [4]. Із збільшенням температури він зміщується у сторону зони провідності зі швидкістю $-(3 \pm 1) \cdot 10^{-4}$ eV/K. Домішкова зона володіє амфотерними донорно-акцепторними властивостями і дає по 2 електрони на кожен атом In. Однак, за відсутності додаткового легування можна вважати, що кожен донорний атом індію дає один вільний електрон. В інших солях свинцю рівень індію розміщений вище, ніж у PbTe. Так у селеніді свинцю він відповідає значенню 0,3 eV, а для сульфіді свинцю знаходиться ще вище.

Властивості ж талію багато у чому схожі до

тих, які виявлено в індію, але є ряд суттєвих відмінностей [3, 4]. Насамперед це стосується того, що талій у халькогенідах свинцю є глибоким акцептором, причому домішкові стани Tl мають одно електронний характер. Відповідно і положення цих зон інше. Так для енергетична відстань рівня талію від верху валентної зони складала 0,22 eV для PbTe при температурах, близьких до 0 K, 0,26 eV для PbSe та 0,15 eV для PbS при 77 K [2].

Одним із найбільш ефективних методів щодо вивчення впливу домішок на властивості матеріалу є аналіз транспортних явищ. Для цього відомі різні підходи, які базуються, зокрема, на використанні методу часу релаксації та варіаційного принципу [5-19].

Як показано авторами у роботі [11], згідно із теорії варіаційного принципу, опис явищ переносу доцільний для детального аналізу вже наперед встановлених (відомих) механізмів розсіювання. У такому випадку можна обмежитися розглядом одного механізму розсіювання, який домінує у певному інтервалі концентрацій та температур. У цьому випадку розв'язується варіаційна задача, вибираються підгоночні коефіцієнти (які володіють певним фізичним змістом), і вже на основі цих підібраних коефіцієнтів здійснюється розрахунок кінетичних параметрів. Математичний апарат при цьому не буде надто складним, що значно спрощує розрахунок. Однак, якщо ставиться задача пояснити фізику процесів розсіювання носіїв заряду і слід визначити умови домінування того чи іншого механізму розсіювання – незамінним буде

наближення часу релаксації.

У даній роботі, із врахування специфіки легування кристалів халькогенідів свинцю елементами III групи Періодичної таблиці – In та Tl – здійснено розрахунок рухливості із використанням варіаційного підходу. Результати промодельовано окремо для випадку легування кожного із матеріалів (PbS, PbSe, PbTe) індієм та окремо – талієм.

II. Елементи теорії

Легування напівпровідникового матеріалу донорною чи акцепторною домішкою суттєво змінює його електрофізичні властивості. Так, обмін електронами між зонними та домішковими станами призводить до розсіювання імпульсу носіїв заряду з енергіями, близькими до енергії домішкового рівня. Це, у свою чергу, спричинює зменшення рухливості носіїв, яке особливо помітне, коли рівень Фермі знаходиться в межах піку густини станів, створюваного домішковими центрами. Вважаючи на такого роду процеси, у напівпровіднику проявляється специфічна немонотонна енергетична залежність часу релаксації, що значно ускладнює застосування самого методу часу релаксації для пояснення домішкового розсіювання.

Вихід у такій ситуації можливий через використання варіаційної процедури. Основні принципи варіаційного підходу автори навели у [7].

Використовуючи стандартну варіаційний підхід [1] можна отримати достатньо простий вираз для розрахунку рухливості. У випадку носіїв струму, енергетичний спектр яких описується законом Кейна, він має вигляд

$$\mu = -\frac{enkT}{L_{00}}, \quad (1)$$

де n – концентрація носіїв струму; L_{00} – матричні елементи оператора розсіювання носіїв, e – заряд носіїв, T – температура, k – постійна Больцмана.

При одночасній дії декількох механізмів розсіювання матричні елементи додаються, як і обернені часи релаксації згідно правила Маттісена

$$L_{00} = \sum_i L_0^i, \quad (2)$$

де i – номерує механізм розсіювання. У випадку сильного виродження можна переписати

$$L_0^i = \frac{nkTm^*(\varepsilon_F)}{\tau_i}, \quad (3)$$

де $m^*(\varepsilon_F)$ – ефективна маса носіїв на рівні Фермі, τ_i – час релаксації i -го пружного механізму розсіювання.

Таку саму форму запису для матричних елементів можна зберегти і для випадку непружних механізмів розсіювання, проте час релаксації виявляється складною функцією температури і концентрації. Тоді вираз для рухливості набуває

відомої форми

$$\mu = \frac{e\tau(\varepsilon_F, n, T)}{m^*(\varepsilon_F, n, T)}, \quad (4)$$

де $\tau = \left(\sum_i \tau_i^{-1} \right)^{-1}$ – сумарний час релаксації.

У випадку сильного ферміївського виродження, яке для сполук A^{IV}B^{VI} реалізується при достатньо низьких концентраціях носіїв і низьких температурах для рухливості носіїв зручно використовувати не вираз (1), а його більш зручну інтерпретацію [8,9]

$$\mu = A(\varepsilon_F, n, T) \sum_i (B_i F_i)^{-1}, \quad (5)$$

де

$$A(\varepsilon_F, n, T) = \frac{\chi_0}{e} \frac{\hbar^3 k_F}{k_0 T} [m^*(\varepsilon_F)]^{-2} \quad (6)$$

має розмірність рухливості, а безрозмірні величини B_i і F_i залежать від виду механізму розсіювання носіїв.

Для випадку розсіювання носіїв заряду на йонізованих домішках вирази для розрахунку B_i та F_i мають вигляд [9-14]:

$$B_i = \frac{2\pi N_i}{\chi_0 k_0 T} \left(\frac{e}{k_F} \right), \quad (7)$$

$$F_i = \ln(\xi_0 + 1) - \xi_0(\xi_0 + 1)^{-1} - 4L \left[1 + (1 + \xi_0)^{-1} - 2\xi_0^{-1} - 2\xi_0^{-1} \ln(\xi_0 + 1) \right]^+ + \frac{3}{2} L^2 \left[1 - 4\xi_0^{-1} + 6\xi_0^{-2} \ln(\xi_0 + 1) - 2\xi_0^{-1}(\xi_0 + 1)^{-1} \right], \quad (8)$$

де

$$\xi_0 = (2k_F \lambda_0)^2; \quad L = \frac{\varepsilon_F}{\varepsilon_g + 2\varepsilon_F}; \quad (9)$$

Однак, окрім домішкового, суттєво проявлятимуть себе й інші механізми розсіювання, характерні для чистих або спеціально нелегованих кристалів напівпровідників: розсіювання на вакансіях (кулонівський потенціал та його короткодюча частина), теплових коливаннях ґратки (акустична та оптична вітки). Ці всі механізми теж розглядалися у роботі [7] як у наближенні часу релаксації, так і з токи зору варіаційного підходу. З цих причин, а також із позицій того, що метою роботи є дослідження впливу направлено легування на електрофізичні властивості матеріалу, детальний розгляд та аналіз цих механізмів у даній роботі не наводиться.

III. Результати розрахунків та їх аналіз

Результати проведених розрахунків залежності рухливості для різних механізмів розсіювання від концентрації носіїв заряду при різних температурах наведено на рис. 1-6 і табл. 1.

3.1. Нелеговані кристали.

У роботі [11] авторами досліджено вплив окремих механізмів розсіювання носіїв заряду, які мають місце у спеціально нелегованих кристалах халькогенідів свинцю, на транспортні процеси, а також обґрунтовано правомірність вибору певного наближення (методу часу релаксації чи варіаційної процедури) для розрахунку та пояснення домінування різних видів механізмів розсіювання носіїв. На основі цього аналізу розраховано концентраційні залежності рухливості носіїв у кристалах халькогенідів свинцю при 4,2 К, 77 К та

300 К (рис. 1-3). Як видно, результати добре узгоджуються із експериментальними даними і не суперечать відомим результатам [8, 12].

Однак, варто відмітити, що для кристалів сульфіду та селеніду свинцю при 4,2 К спостерігається більш сильне розсіювання на вакансіях, ніж це має місце у телуриді свинцю.

Розсіюванням на вакансіях при азотних температурах можна досить добре у якісному відношенні пояснити явища переносу в електронних кристалах халькогенідів свинцю, а від концентрацій $1 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$ і вище – це розсіювання

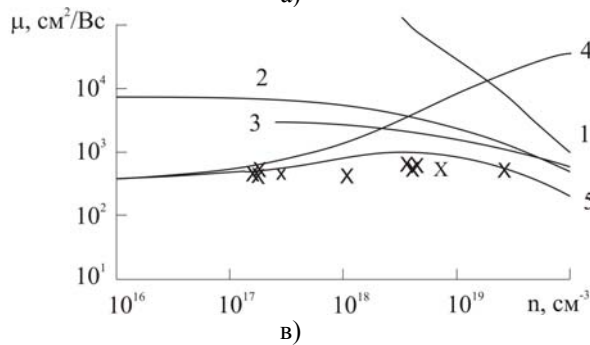
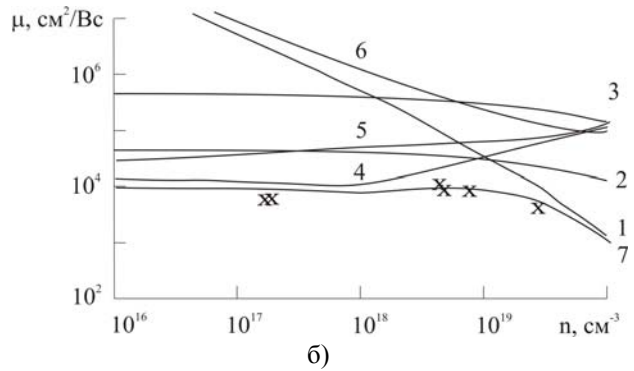
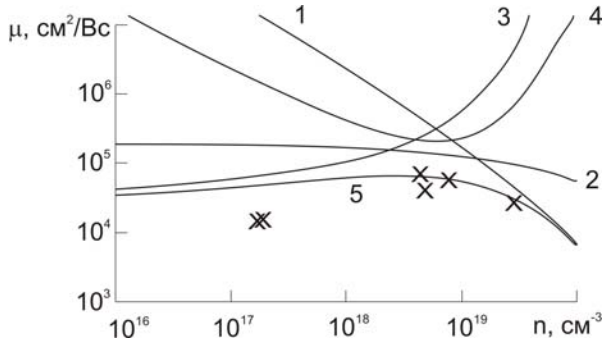


Рис. 1. Концентраційні залежності рухливості носіїв заряду кристалів PbS при температурах 4,2 К (а), 77 К (б), 300 К (в) для різних механізмів розсіювання носіїв заряду:

на кулонівському потенціалі вакансій (а – криві 3, 4, б – криві 5, 6), короткодіючому потенціалі вакансій (а, б, в – крива 1), акустичних фононах (а, б, в – крива 2), оптичних фононах (б, в – крива 3, 4) та для сумарного розсіювання (а, в – крива 5, б – крива 7).

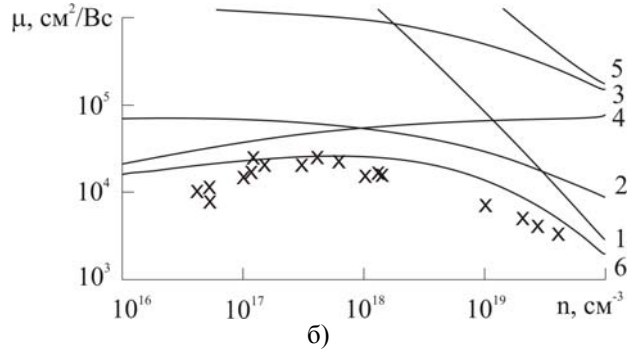
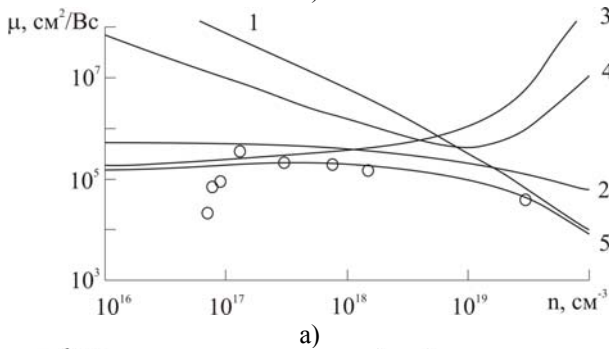
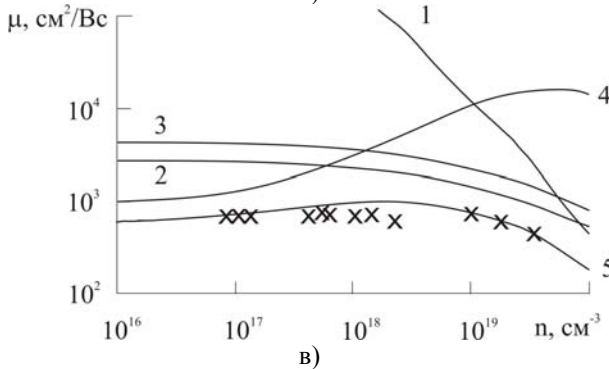


Рис. 2. Концентраційні залежності рухливості носіїв заряду кристалів PbSe при температурах 4,2 К (а), 77 К (б), 300 К (в) для різних механізмів розсіювання носіїв заряду:

на кулонівському потенціалі вакансій (а – криві 3, 4, б – крива 5), короткодіючому потенціалі вакансій (а, б, в – крива 1), акустичних фононах (а, б, в – крива 2), оптичних фононах (б, в – крива 3, 4) та для сумарного розсіювання (а, в – крива 5, б – крива 6).



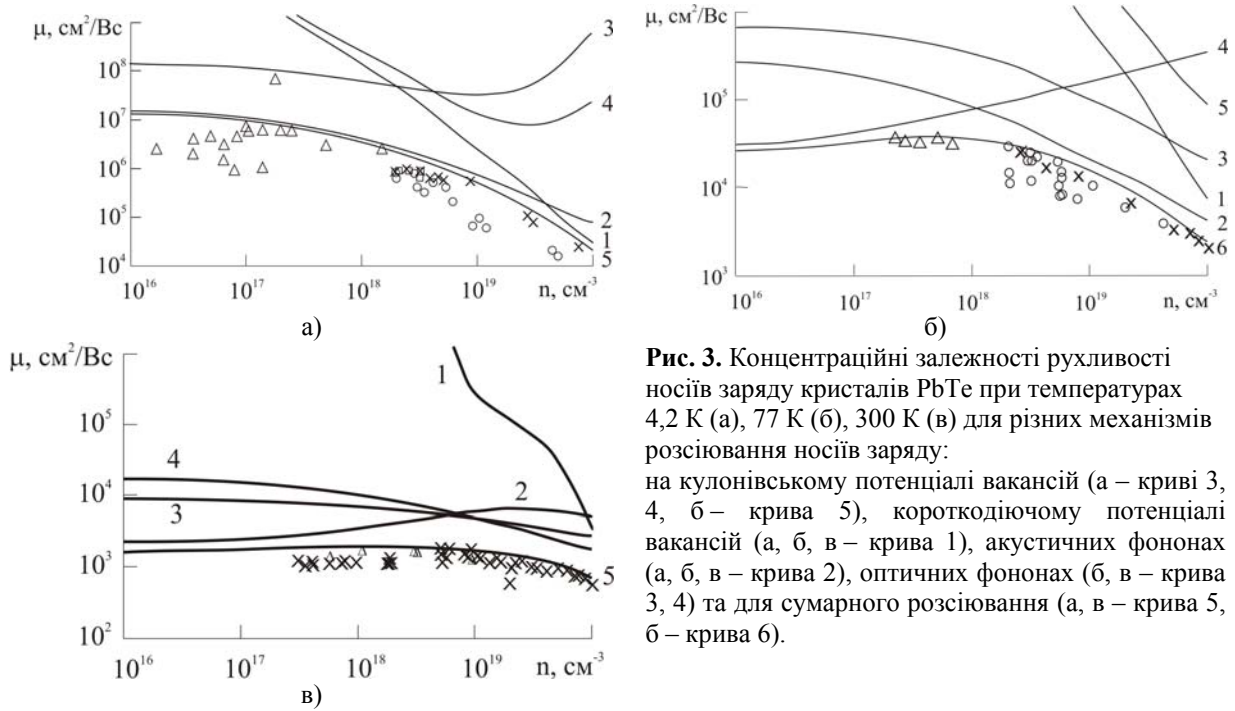


Рис. 3. Концентраційні залежності рухливості носіїв заряду кристалів PbTe при температурах 4,2 К (а), 77 К (б), 300 К (в) для різних механізмів розсіювання носіїв заряду: на кулонівському потенціалі вакансій (а – криві 3, 4, б – крива 5), короткодюючому потенціалі вакансій (а, б, в – крива 1), акустичних фонах (а, б, в – крива 2), оптичних фонах (б, в – крива 3, 4) та для сумарного розсіювання (а, в – крива 5, б – крива 6).

починає бути домінуючим. Дещо точнішим буде врахування взаємодії носіїв струму з фонами, яке домінує у більш ширшому концентраційному діапазоні ($1 \cdot 10^{16} - 6 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$).

Розсіювання на потенціалах вакансій у домінуючому концентраційному діапазоні ($8,5 \cdot 10^{19} - 1 \cdot 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ для PbTe, $5 \cdot 10^{19} - 1 \cdot 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ для PbSe та $2 \cdot 10^{19} - 1 \cdot 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ для PbS,) проявляється через розсіювання носіїв струму на короткодюючому потенціалі вакансій. Екранований же кулонівський потенціал вакансій відіграє досить слабку роль в розсіюванні. Але несподівана картина спостерігається у сульфіді свинцю, де розсіювання на кулонівському потенціалі важливе при концентраціях $1 \cdot 10^{16} - 5 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$. Пояснити таку поведінку розсіювання електронів на кулонівському потенціалі вакансій можна пояснити малим значенням високочастотної діелектричної сталої ϵ_0 , яка дорівнює 18,4 для PbS, 25,2 для PbSe та 36,9 для PbTe. Відмінність у два рази між ϵ_0 у сульфіді та телуридів свинцю і спричинює необхідність врахування цього механізму розсіювання в першому із них.

При кімнатній температурі немає такого концентраційного діапазону, в якому б домінувало розсіювання на вакансіях. Більше того, реалізація цього механізму розсіювання при $T = 300 \text{ K}$ в кристалах телуриду свинцю практично не впливає на явища переносу.

Розсіювання на оптичних фонах, при цьому, найбільш суттєве у кристалах PbS та PbTe і значно слабше у селеніді свинцю, що свідчить про сильну залежність розсіювання на оптичних фонах від ширини забороненої зони ϵ_G : $\epsilon_G(\text{PbSe}) < \epsilon_G(\text{PbTe}) < \epsilon_G(\text{PbS})$, та сильну непараболічність енергетичних зон.

Навпаки, розсіювання на акустичних фонах

більш сильно проявляється у кристалах PbSe, тоді як у сульфіді та телуридів свинцю цей механізм є домінуючим у вужчій області концентрацій. Така особливість реалізації цього механізму розсіювання свідчить про те, що розсіювання на акустичних фонах суттєвіше в кристалах із більшою шириною забороненої зони. Але слід зазначити, що вплив розсіювання на акустичних фонах, як і вплив розсіювання на оптичних фонах у сумарне розсіювання суттєвий у цілому розглядуваному концентраційному діапазоні при 300 К у всіх кристалах халькогенідів свинцю, а розсіювання на акустичних фонах є єдиним видом розсіювання, яким в більшій чи меншій мірі можна якісно описати явища переносу в температурному діапазоні 4,2-300 К та в області концентрацій $10^{16} - 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ для електронних кристалів PbTe, PbSe та PbS.

3.2. Леговані кристали.

Проведені у роботі дослідження в цілому добре узгоджуються із загальновідомими результатами у фізиці напівпровідників. Зокрема, для всіх матеріалів типу PbX ($X = \text{S, Se, Te}$) легування істотно впливає на рухливість, а отже і визначає всі їхні електрофізичні параметри в області низьких температур. Із зростанням температури домішки йонізуються, зростає внесок власних носіїв заряду і вже в області кімнатних температур вплив домішок різко зменшується (табл. 1).

На рис. 4-6 наведено концентраційні розрахункові залежності рухливості носіїв заряду легованих кристалів халькогенідів свинцю домішками In при температурах 4,2 К (а), 77 К (б) та 300 К (в). Врахування розсіювання на потенціалах вакансій та коливаннях кристалічної ґратки при цьому закладено у їхню сумарну криву 1, отриману із використанням правила Маттісена.

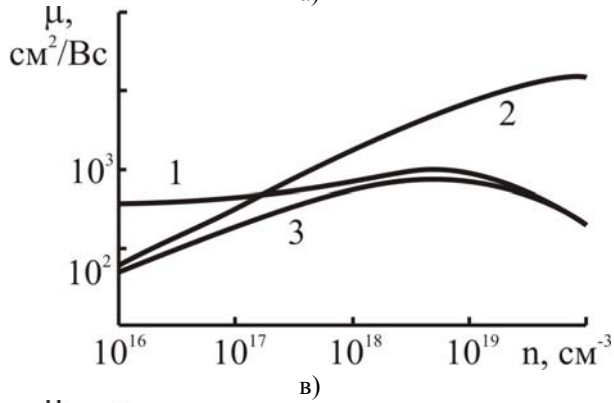
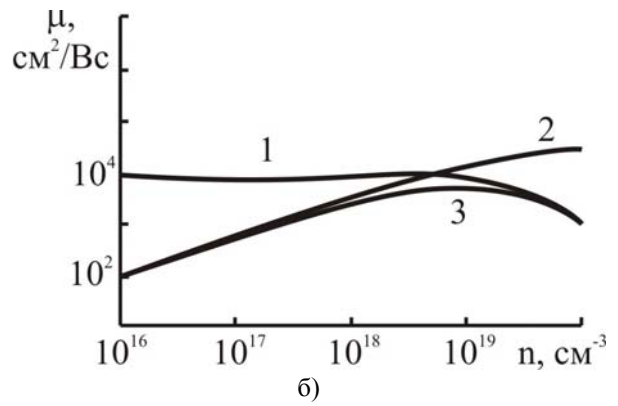
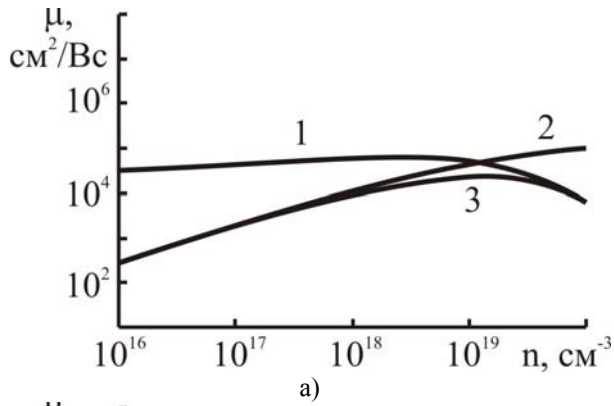


Рис. 4. Концентраційні розрахункові залежності рухливості носіїв заряду легованого PbS домішками In при температурах 4,2 К (а), 77 К (б), 300 К (в): 1 – сумарне розсіювання на потенціалах вакансій та коливаннях кристалічної ґратки, 2 – домішкове розсіювання, 3 – загальне розсіювання із врахуванням 1 і 2.

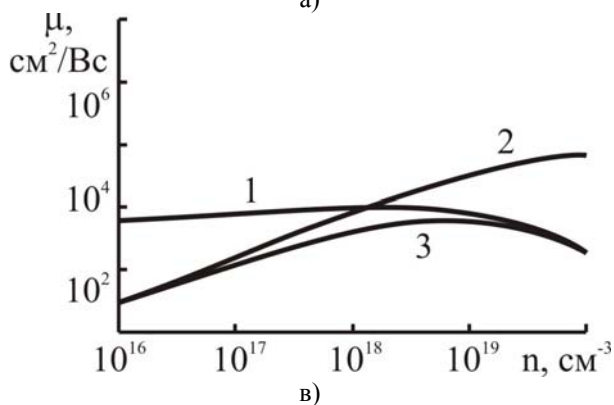
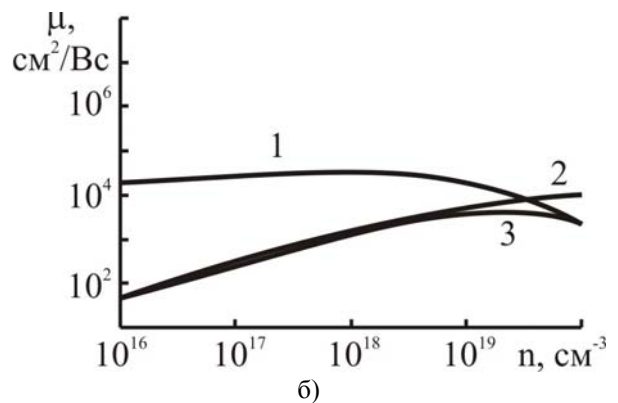
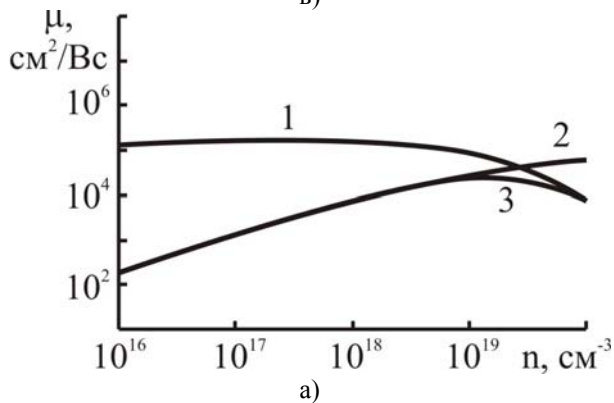


Рис. 5. Концентраційні розрахункові залежності рухливості носіїв заряду легованого PbSe домішками In при температурах 4,2 К (а), 77 К (б), 300 К (в): 1 – сумарне розсіювання на потенціалах вакансій та коливаннях кристалічної ґратки, 2 – домішкове розсіювання, 3 – загальне розсіювання із врахуванням 1 і 2.

Аналогічні розрахунки також були зроблені авторами і для кристалів PbS, PbSe, PbTe, легованих Талієм.

Слід зазначити, що внесок домішкового розсіювання, при легуванні талієм домінує у дещо вузкому концентраційному діапазоні, ніж це спостерігалось при легуванні індієм (табл. 1). Більше того, Домішка In більш сильно зменшує

числові значення рухливості, у порівнянні із нелегованими кристалами, ніж домішка Тl. Такий вплив домішок на рухливість можна пояснити глибиною залягання рівня відповідної домішки [1-4], а отже, й відповідного рівня Фермі легованого матеріалу, значення якого є визначальним при розрахунку рухливості носіїв заряду варіаційним принципом.

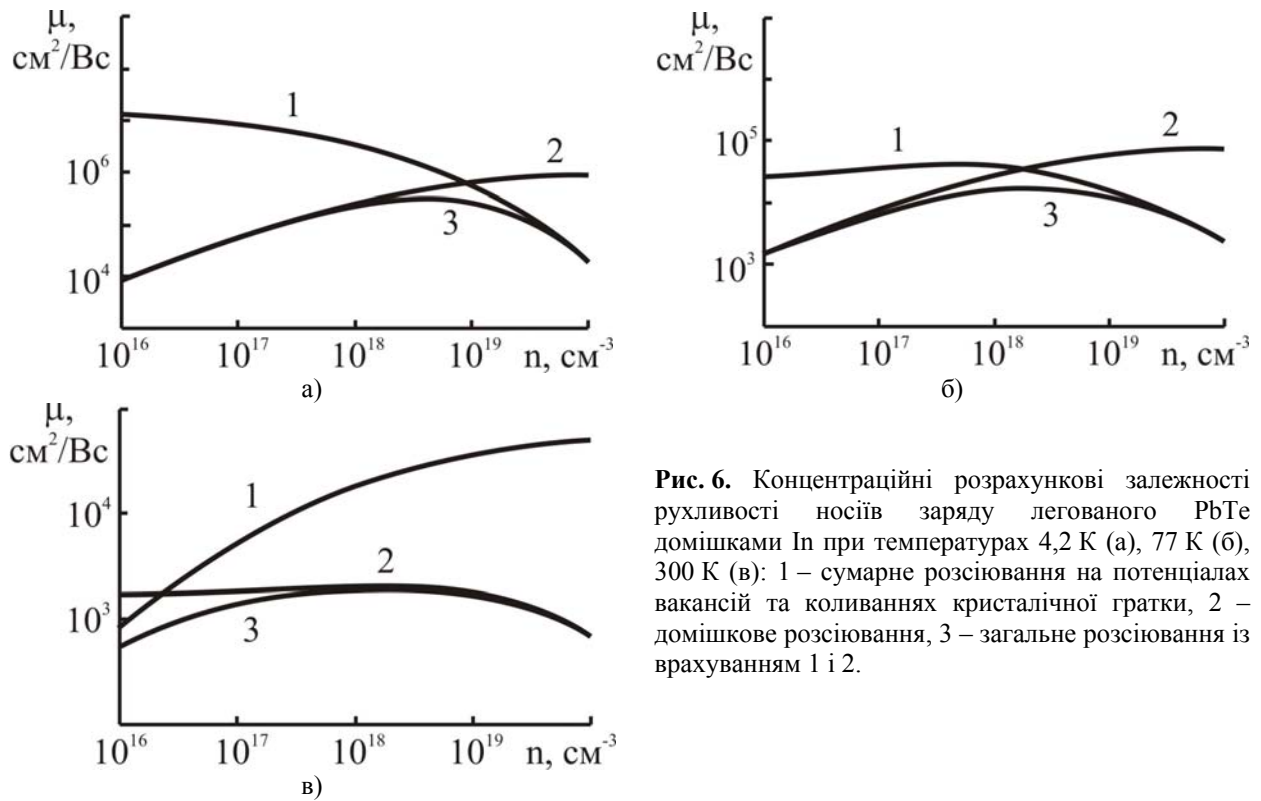


Рис. 6. Концентраційні розрахункові залежності рухливості носіїв заряду легованого PbTe домішками In при температурах 4,2 К (а), 77 К (б), 300 К (в): 1 – сумарне розсіювання на потенціалах вакансій та коливаннях кристалічної ґратки, 2 – домішкове розсіювання, 3 – загальне розсіювання із врахуванням 1 і 2.

Табл. 1.

Концентраційні межі домінування домішкового розсіювання у кристалах PbX ($X = S, Se, Te$): In, Tl при температурах 4,2 К, 77 К, 300 К.

PbS:In	PbS:Tl
	4,2 К
$< 2 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$	$< 8 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$
	77 К
$< 6 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$	$< 2 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$
	300 К
$< 2 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$	$< 5 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$
PbSe:In	PbSe:Tl
	4,2 К
$< 9 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$	$< 2 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-3}$
	77 К
$< 1 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-3}$	$< 2 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$
	300 К
$< 2 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$	$< 1 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$
PbTe:In	PbTe:Tl
	4,2 К
$< 2 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$	$< 4 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$
	77 К
$< 1 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$	$< 3 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$
	300 К
$< 1 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$	–

IV. Висновки

Зроблено аналіз літератури з питань впливу домішки Ga, In, Tl на енергетичний спектр кристалів халькогенідів свинцю.

Викладено елементи теорії розрахунку рухливості носіїв заряду варіаційним методом.

Визначено концентраційні (10^{16} - 10^{20}) cm^{-3} і температурні (4,2-300) К інтервали домінування різних механізмів розсіювання носіїв заряду для нелегованих кристалів халькогенідів свинцю.

Досліджено вплив домішок Індію і Талію на розсіювання носіїв заряду у легованих кристалах халькогенідів свинцю. Показано, що із зростанням температури від 4,2 К до 300 К, особливо для області значних концентрацій носіїв заряду,

розсіювання на іонізованих домішках є домінуючим.

Робота частково фінансується МОН України (державний реєстраційний номер 0106U00221).

Автори висловлюють щирю подяку проф. Шендеровському В.А. за постановку задачі дослідження, обговорення результатів та

цінні зауваження.

Фреїк Д.М. – заслужений діяч науки і техніки України, акад. АНВШ України, д.х.н., професор;
Ільків О.І. – науковий співробітник;
Никируй Л.І. – к.ф.-м.н., доцент;
Возняк О.М. – к.ф.-м.н., доцент;
Пасічняк В.Ф. – науковий співробітник.

- [1] В.И. Кайданов, С.А. Немов, Ю.И. Равич. Резонансное рассеяние носителей тока в полупроводниках типа $A^{IV}B^{VI}$ (обзор) // *ФТП*, **26**(2), сс. 201-222 (1992).
- [2] Г.Т. Алексеева, А.Н. Вейс, Е.А. Гуриева, Т.Б. Жукова, Л.В. Прокофьева. Примесные состояния индия в PbS // *ФТП*, **24**(12), сс. 2155-2159 (1990).
- [3] С.А. Немов, Ю.И. Равич. Примесь таллия в халькогенидах свинца // *Успехи физических наук*, **165**(8), сс. 817-842 (1998).
- [4] А.Н. Вейс, В.И. Кайданов, С.А. Немов, С.Н. Емелин, А.Я. Ксендзов, Ю.К. Шалабутов. Примесные состояния таллия в теллуриде свинца // *ФТП*, **13**(1), сс. 185-187 (1979).
- [5] П.Н. Горлей, П.Н. Шендеровский. *Вариационный метод в кинетической теории*. Наукова думка, К. 296 с. (1992).
- [6] Б.М. Аскеров. *Кинетические эффекты в полупроводниках*. Наука, Л. 112 с. (1970).
- [7] Д.М. Заячук. К вопросу о доминирующих механизмах рассеяния в теллуриде свинца // *ФТП*, **31**(2), сс. 217-220 (1997).
- [8] Ю.И. Равич, Б.А. Ефимова, И.А. Смирнов. *Методы исследования полупроводников в применении к халькогенидам свинца PbSe, PbTe, PbS*. Наука, М. 384 с. (1968).
- [9] Yu.I. Ravich, V.A. Efimova, V.I. Tamarchenko. Scattering of current carriers and transport phenomena in lead chalcogenides. I. Theory // *Phys. Stat. Sol. (b)*, **43**(1), pp. 11-33 (1971).
- [10] Yu.I. Ravich, V.A. Efimova, V.I. Tamarchenko. Scattering of current carriers and transport phenomena in lead chalcogenides. II. Experiment // *Phys. Stat. Sol. (b)*, **43**(2), pp. 453-469 (1971).
- [11] Д.М. Фреїк, Л.І. Никируй, О.І. Ільків, О.М. Возняк. Метод часу релаксації та варіаційний підхід у аналізі явищ переносу у напівпровідниках $A^{IV}B^{VI}$ // *ФХТТ*, **8**(3), сс. 451-456 (2007).
- [12] Л.І. Никируй. Механізми розсіювання носіїв струму та оптимізація термоелектричних властивостей кристалів PbTe, PbSe, PbS n-типу провідності. Автореферат дис. канд.фіз.-мат.н. Луцьк, 18 с. (2004).
- [13] W. Zawadsky, W. Szymanska. Elastic Electron Scattering in InSb-type semiconductors // *Phys. Stat. Sol. (b)*, **45**, 415-432 (1971).
- [14] П.Н. Горлей, П.Н. Шендеровский. Явления переноса в узкощелевых полупроводниках PbTe, $Pb_{1-x}Sn_xTe$, PbSe: *Препр. / АН УССР, Ин-т физики*; **10**, К., 39 с. (1979).
- [15] П.М. Томчук, И.И. Пинчук. Вариационный метод в теории кинетических коэффициентов: *Препр. / АН УССР, Ин-т физики*; **19**, К., 40 с. (1974).
- [16] П.М. Томчук, И.И. Пинчук. Применение вариационного метода в теории электрон-фононного увлечения в полупроводниках и металлах: *Препр. / АН УССР, Ин-т физики*; **8**, К., 40 с. (1976).
- [17] П.Н. Шендеровский, П.Н. Горлей, И.И. Тарасюк, Ф.Ф. Сизов. Кинетические явления в узкощелевых полупроводниках: *Препр. / АН УССР, Ин-т физики*; **10**, К., 45 с. (1982).
- [18] W. Zawadsky. Electron transport phenomena in small-gap semiconductors // *Advances in Physics*, **23**(3), pp. 435-522 (1974).
- [19] W. Szymanska. Zjawiska transportu elektronowego w chalcogenidkach ołowiu // *Postery Fiziki*, **26**(1), pp. 5-16 (1975).

D.M. Freik, O.I. Ilkiv, L.I. Nykyruy, O.M. Voznyak, V.F. Pasichnyak

Charge Scattering Mechanisms on $A^{IV}B^{VI}$ Doping Semiconductors

Vasyl Stefanyk PreCarpathian National University,
57, Shevchenko Str., Ivano-Frankivsk, 76025, Ukraine, E-mail: intelect@pu.if.ua

The influence of III Group Doping Elements of the Periodical Table on charge scattering mechanisms on $A^{IV}B^{VI}$ semiconductors are investigated. There are definition of concentration and temperature ranges of the dominant of scattering mechanism of the both – the ionizing donor Indium and acceptor Thallium. Full analyses will be provide on the base of variation position to the Boltzman equation and Kane's band structure.