

DOI: 10.20535/1970.70(2).2025.347961

УДК 621.382.3

СЛАБКОПОЛЬОВА РУХЛИВІСТЬ ЕЛЕКТРОНІВ В АНТИМОНІДІ ГАЛІЮ

Саурова Т. А., Стасюк Р. В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна

E-mail: saurowa-ee@iit.kpi.ua, stasuk-ee27@iit.kpi.ua

Науково-технічна література показує, що протягом кількох десятиліть удосконалюються технології вирощування антимоніду галію (GaSb) та всебічно вивчаються його властивості. З огляду на отримані результати досліджень властивостей GaSb, розробники розглядають його як матеріал із величезним потенціалом для створення пристроїв із різноманітними функціональними можливостями.

У наукових публікаціях представлені теоретичні та експериментальні дані досліджень слабкопольової рухливості електронів у GaSb. Досліджено залежності рухливості від температури, рівня легування антимоніду галію. Температурна залежність рухливості розглянута у вузькому діапазоні значень концентрації атомів домішки. Залежність рухливості від концентрації визначена для значень температури кристалічної ґратки 77 К і 300 К.

У цій роботі ставиться завдання моделювання слабкопольової рухливості електронів в кристалі антимоніду галію в широкому діапазоні як концентрацій, так і температур.

Дослідження проведено на основі тридолинної моделі зони провідності. Наведено детальний аналіз процесів розсіювання електронів в антимоніді галію. Визначено температурні залежності швидкостей розсіювання у Г-, L-, X-долинах. Для кожної долини виявлено характерні особливості механізмів домішкового та фононного розсіювання в широкому діапазоні температур та отримано кількісні оцінки швидкостей розсіювання.

Вперше розрахована температурна залежність слабкопольової дрейфової рухливості електронів в антимоніді галію в широкому діапазоні температур та концентрації домішки. Проведено порівняння з експериментальними даними результату моделювання залежності рухливості електронів від концентрації атомів домішки. Отримано задовільну відповідність.

Для дослідження електричних властивостей електронів в антимоніді галію в режимі слабого електричного поля визначено параметри моделювання, що забезпечують найкращу відповідність до експериментальних даних.

Проведено порівняння рухливості електронів в антимоніді галію та арсеніді галію при 300 К. Показано, що рухливість електронів в антимоніді галію при зазначеній температурі кристалічної ґратки перевищує відповідні значення в арсеніді галію при концентраціях домішки менше 10^{21} м^{-3} .

Ключові слова: антимонід галію, GaSb, швидкість розсіювання, рухливість електронів, час релаксації імпульсу.

Вступ

Науково-технічна література показує, що протягом кількох десятиліть удосконалюються технології вирощування антимоніду галію (GaSb) та всебічно вивчаються його властивості. Повідомляється про технологічне вирощування антимоніду галію різними методами: Чохральського, Бриджмена, рідкофазної епітаксії, металоорганічного хімічного осадження з парової фази, газофазної епітаксії, молекулярно-променевої епітаксії та іншими [1, 2]. З огляду на отримані результати досліджень властивостей GaSb, розробники розглядають його як матеріал із величезним потенціалом для створення пристроїв із різноманітними функціональними можливостями. Повідомляється про теоретичні та експериментальні дослідження розробок резонансно-тунельних пристроїв, лазерів та детекторів інфрачервоного діапазону, електрооптичних модуляторів, генераторів, сонячних елементів [3, 4]. Прогнозується також, що GaSb буде альтернативним матеріалом високошвидкісних додатків [3]. Додаткові можливості перед розроб-

никами відкриваються із застосуванням багатокомпонентних напівпровідників на основі GaSb. У наукових публікаціях представлені дослідження напівпровідникових структур з урахуванням низки таких матеріалів (GaInSb, AlGaSb, GaAsSb, GaPSb, GaInAsSb, AlGaAsSb) [5 – 7]. Прогнозування характеристик твердотільних приладів та пристроїв на основі твердих розчинів потребує додаткових досліджень властивостей їх складових – бінарних сполук, одним з яких є антимонід галію.

Одним із етапів розробки напівпровідникових приладів є моделювання. Якісне прогнозування їх характеристик потребує глибокого знання властивостей матеріалу. Одним з найважливіших параметрів, що дозволяють описати особливості транспортних властивостей носіїв заряду в конкретному матеріалі, є рухливість. Більш високі значення рухливості носіїв заряду дозволяють прогнозувати підвищену ефективність твердотільних приладів і пристроїв, що розробляються.

У наукових публікаціях представлені теоретичні та експериментальні дані досліджень слаб-

копольової рухливості електронів у GaSb [2, 5, 8 – 10]. Досліджено залежності рухливості від температури, рівня легування антимоніду галію. Температурна залежність рухливості розглянута у вузькому діапазоні значень концентрації атомів домішки. Залежність рухливості від концентрації визначена для двох значень температури кристалічної ґратки (Т): 77 К та 300 К.

У цій роботі ставиться завдання моделювання слабокопольової рухливості електронів в кристалі антимоніду галію в широкому діапазоні як концентрацій, так і температури.

Теоретичне дослідження

Антимонід галію є напівпровідником групи сполук, що активно вивчається – АПІВВ. GaSb зазвичай має кристалічну ґратку типу цинкової обманки. Зонна структура GaSb, представлена на рис. 1, показує, що антимонід галію є прямозонним напівпровідником, зона провідності має кілька долин [11]. Найнижчий мінімум знаходиться у точці Г, вище якої розташовані мінімуми L- (на 0,084 eV) і X-долин (на 0,304 eV). Слід враховувати, що у науковій літературі значення параметрів матеріалу дещо різняться. Це вказує на необхідність визначення таких значень параметрів матеріала, які дозволять отримати найкращу відповідність між результатами моделювання досліджуваної характеристики та експериментальними даними.

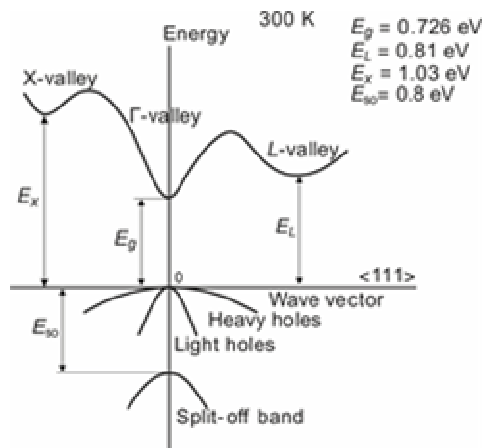


Рис. 1. Зонна енергетична структура GaSb при 300 К (реконструйовано з публікації [11])

Беручи до уваги особливості представленої зонної структури, моделювання типового виду температурної залежності слабокопольової рухливості проведемо на основі тридолинної моделі зони провідності, що дозволить більш детально описати її особливості та визначити ступінь впливу процесів у кожній долині на формування досліджуваної характеристики. Відомо, що рухливість визначається процесами розсіювання носіїв заряду на дефектах кристалічної структури.

Моделювання процесів розсіювання носіїв заряду

Розглянуто найбільш типові механізми домішкового та фононного розсіювання: на нейтральних атомах домішки, на іонізованих атомах домішки, на акустичному деформаційному потенціалі, полярне оптичне, міждолинне еквівалентне, міждолинне нееквівалентне. Формули розрахунку швидкостей розсіювання наведені у роботах [12, 13]. Чисельне моделювання температурної залежності швидкостей розсіювання для Г-, L-, X-долин проведено за значеннями параметрів, зазначених у таблиці 1. Результати чисельних експериментів для кожної долини представлені на рис. 2.

Таблиця 1. Параметри моделювання

Густина, 10^3 кг/м^3	5,614
Діелектрична проникність:	
статична	15,69
високочастотна	14,44
швидкість звуку (поздовжня), 10^3 м/с	6,07
константа акустичного деформаційного потенціалу, eV	4
константа міждолинної взаємодії, 10^{10} eV/м	
Г-L	5,7
Г-X	8
L-Г	5,4
L-X	8
L-L	5,4
X-Г	10
X-L	10
X-X	8
енергія оптичних фононів, меВ	29,7
енергія міждолинних фононів, меВ	23,76
міждолинна відстань, eV	
Г-L	0,084
Г-X	0,304
X-L	0,22
Ефективна маса електронів	
Г-долина	m_t^*
	m_l^*
L-долина	m_t^*
	m_l^*
X-долина	m_t^*
	m_l^*
концентрація домішки, м^{-3}	10^{20}

Деталізація результатів моделювання дозволила виявити, що швидкість розсіювання на нейтральних атомах домішки:

- має найбільший внесок у сумарну швидкість розсіювання за найнижчих температур (до 10 К),
- у Г-долині – величина порядку 10^8 с^{-1} , у L - та X-долинах – на 2 порядки нижче,
- при $10 \text{ К} < T$ спостерігалось суттєве зниження швидкостей розсіювання у всіх долинах на тлі зро-

стаючого вкладу інших механізмів розсіювання (у Γ - та L-долинах – на іонізованих атомах домішки, у X-долинах – на акустичному деформаційному потенціалі).

Відомо, що при низьких температурах характерними є процеси розсіювання на іонах домішкових атомів. Моделювання проведено з використанням як моделі Брукса-Херрінга, так і

Конуелл-Вайскопфа. На рис. 2 представлений графік температурної залежності швидкості розсіювання на іонізованих атомах домішки, що відповідає моделі Брукса-Херрінга. Критерій вибору моделі – отримання найкращої відповідності результатів чисельного моделювання рухливості даним експерименту.

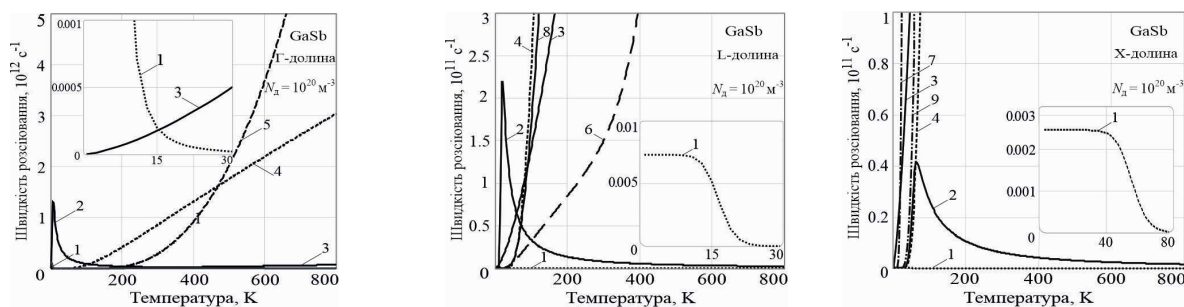


Рис. 2. Температурні залежності швидкостей розсіювання електронів у Γ -, L-, X-долинах антимоніду галію: на нейтральних атомах домішки (1), на іонах домішкових атомів (2), акустичне (3), полярне оптичне (4), міждолинне нееквівалентне – Γ -долина (5), L-долини (6), X-долини (7), міждолинне еквівалентне – L-долини (8), X-долини (9)

Детальний розгляд даного виду розсіювання дозволяє визначити його особливості:

- на ділянці найнижчих температур найбільше значення швидкості розсіювання ($\sim 10^{12} \text{ c}^{-1}$) спостерігається в Γ -долині, менше – в L- (на порядок) та X-долинах (на 2 порядки),
- зі зростанням температури швидкість розсіювання зменшується і визначальна роль переходить до інших механізмів розсіювання – при температурі понад 100 K до полярного оптичного в Γ -долині, при температурі понад 50 K до еквівалентного міждолинного в L-долині. У X-долинах швидкість розсіювання перевищує лише ту, що відповідає процесу розсіювання на нейтральних атомах домішки.

Процеси полярного оптичного розсіювання у долинах спостерігаються у всьому діапазоні температур. Вони посилюються зі зростанням температури. Виділимо характерні риси їхнього прояву в антимоніді галію:

- в Γ -долині – найбільший внесок вносить у діапазоні температур $110 \text{ K} < T < 470 \text{ K}$. З подальшим зростанням температури спостерігається домінуюча роль міждолинного розсіювання. Механізм полярного оптичного розсіювання відповідає другому за значущістю внеску.
- в L-долинах – є визначальним видом розсіювання у всьому діапазоні температур, що розглядаються,
- в X-долинах – швидкість полярного оптичного розсіювання нижче швидкостей міждолинного розсіювання (еквівалентного, нееквівалентного) у всьому діапазоні температур,

- при $T = 300 \text{ K}$ швидкості полярного оптичного розсіювання склали $0,8 \cdot 10^{12} \text{ c}^{-1}$, $3 \cdot 10^{12} \text{ c}^{-1}$, $4 \cdot 10^{12} \text{ c}^{-1}$ в Γ -, L-, X-долинах відповідно.

З представлених на рис. 2 результатів моделювання видно, що за високих температур посилюються механізми міждолинного розсіювання. Чисельне моделювання проведено з урахуванням процесів поглинання міждолинних фононів і їх збудження. Таким чином, для кожної долини розглянути переходу електронів в інші долини: еквівалентні (крім Γ) та нееквівалентні. З графіків випливає, що при температурах понад 500 K процеси міждолинного розсіювання в Γ -, L-, X-долинах роблять істотний внесок, визначаючи величину рухливості електронів. При 500 K швидкості розсіювання в долинах склали: Γ – $2 \cdot 10^{12} \text{ c}^{-1}$ (нееквівалентне); в L – $7,9 \cdot 10^{11} \text{ c}^{-1}$ (нееквівалентне), $5,2 \cdot 10^{12} \text{ c}^{-1}$ (еквівалентне), в X – $5,9 \cdot 10^{13} \text{ c}^{-1}$ (нееквівалентне), $2,3 \cdot 10^{13} \text{ c}^{-1}$ (еквівалентне).

Моделювання слабкопольової температурної залежності рухливості

Формула розрахунку рухливості носіїв заряду наведена у багатьох роботах [2, 9, 11 – 14]

$$\mu(T) = \frac{e\tau_p(T)}{m_c^*},$$

де e – заряд електрона; m_c^* – омічна ефективна маса; τ_p – час релаксації імпульсу, який визначається сумарною швидкістю розсіювання λ_Σ ,

$$\tau_p(T) = \frac{1}{\lambda_\Sigma(T)}.$$

Результати моделювання температурної залежності слабкопольової дрейфової рухливості електронів у Г-

, L-, X- долинах представлені на рис. 3.

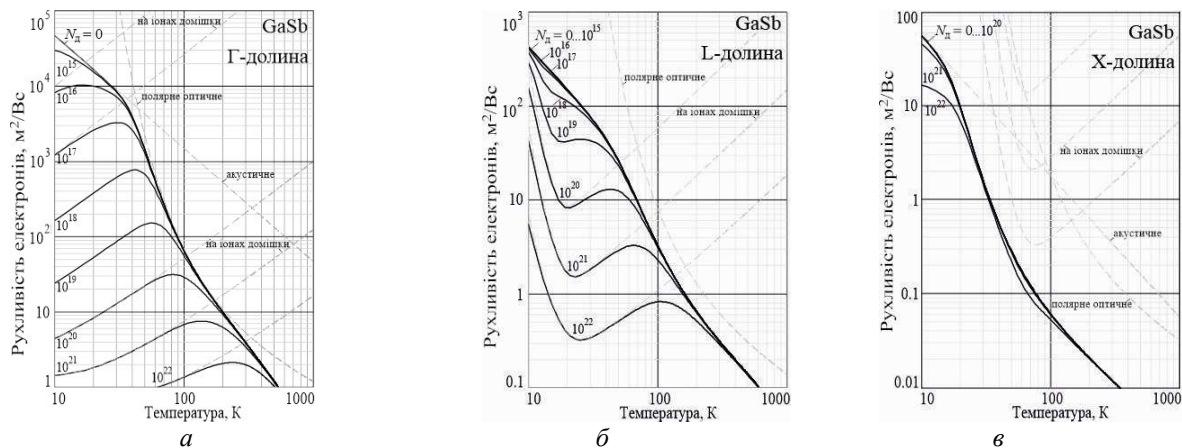


Рис. 3. Результати моделювання температурної залежності слабкопольової дрейфової рухливості електронів у Г-долині (а), L-долинах (б), X-долинах (в)

Підкреслимо особливості представлених на рис. 3 результатів теоретичного дослідження температурної залежності дрейфової рухливості електронів в антимоніді галію:

- значення рухливості у долинах розрізняються на порядки. Найбільші значення отримано $\mu_{\Gamma} = 4,5 \cdot 10^4 \text{ м}^2/\text{В} \cdot \text{с}$, $\mu_L = 420 \text{ м}^2/\text{В} \cdot \text{с}$, $\mu_X = 52 \text{ м}^2/\text{В} \cdot \text{с}$ відповідно в Г-, L- і X- долинах,
- максимальні значення рухливості спостерігаються у власному напівпровіднику при найнижчих температурах,
- при температурі кристалічної ґратки 300 К отримані оцінки значень дрейфової рухливості електронів
 - власний напівпровідник – $\mu_{\Gamma} = 3,9 \text{ м}^2/\text{В} \cdot \text{с}$, $\mu_L = 0,3 \text{ м}^2/\text{В} \cdot \text{с}$, $\mu_X = 0,01 \text{ м}^2/\text{В} \cdot \text{с}$,
 - домішковий напівпровідник – $\mu_{\Gamma} = 3,81 \cdot 10^4 \text{ м}^2/\text{В} \cdot \text{с}$, $\mu_L = 0,3 \text{ м}^2/\text{В} \cdot \text{с}$, $\mu_X = 0,01 \text{ м}^2/\text{В} \cdot \text{с}$.

Для зручності аналізу результатів моделювання $\mu_{\Gamma}(T)$, $\mu_L(T)$, $\mu_X(T)$ на графіках нанесено додаткові – пунктирні – допоміжні криві (сірого кольору), які описують поведінку температурної залежності дрейфової рухливості, що відповідає певному механізму розсіювання. Збіг результатів моделювання рухливості з допоміжними кривими вказує на визначальний механізм розсіювання, що призводить до формування її особливостей на певній ділянці температур. Допоміжні криві рухливості, що визначаються процесами розсіювання на іонізованих атомах домішки, збігаються з результатами моделювання рухливості в Г-долині $\mu_{\Gamma}(T)$ за високого рівня легування напівпровідника. Зі зменшенням концентрації домішкових атомів їх збіг спостерігається лише за найнижчих температур. Це показує, що з підвищенням температури на формування температурної

залежності рухливості $\mu_{\Gamma}(T)$ впливає додатковий механізм розсіювання, а саме – розсіювання на акустичному деформаційному потенціалі. З представленої рис. 3, а графіка видно, що в діапазоні температур $70 \text{ К} < T < 110 \text{ К}$ поведінка залежності $\mu_{\Gamma}(T)$ формується під дією визначального внеску оптичного полярного розсіювання.

Отримані результати моделювання температурної залежності рухливості в долинах – $\mu_{\Gamma}(T)$, $\mu_L(T)$, $\mu_X(T)$ – дозволяють визначити усереднену по долинах величину рухливості

$$\mu(T) = b_{\Gamma}(T) \cdot \mu_{\Gamma}(T) + b_L(T) \cdot \mu_L(T) + b_X(T) \cdot \mu_X(T),$$

$b_{\Gamma}(T)$, $b_L(T)$, $b_X(T)$ – заселеності енергетичних долин, які визначають із формули

$$b_i(T) = \frac{n_i(T)}{\sum_{i=\Gamma, L, X} n_i(T)}, \quad i = \Gamma, L, X,$$

де n_i – відповідні концентрації електронів у долинах.

Отриманий результат моделювання температурної залежності заселеності долин електронами представлений на рис. 4.

З рис. 4 видно, що за низьких температур електрони знаходяться в станах основної – Г-долини. Зі зростанням температури спостерігаються переходи електронів до стану верхніх – L-долин. Відбувається поступове спустошення основної долини. При температурі 210 К кількість електронів у станах Г- та L- долин вирівнюється. З подальшим зростанням температури збільшується рівень заселеності X-долин. Заселеність X-долин b_X при температурі 700 К склала 0,05.

Отриманий результат моделювання заселеності долин $b_i(T)$ показує, що процеси розсіювання

в Х-долинах впливатимуть на формування температурної залежності результуючої рухливості при високих значеннях температур.

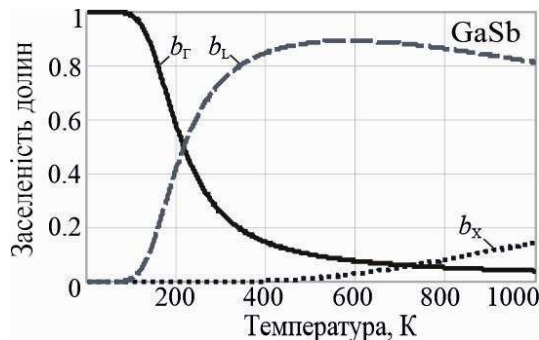


Рис. 4. Розрахована температурна залежність заселеності енергетичних долин

Виконано моделювання температурної залежності слабкопольової дрейфової рухливості електронів в антимоніді галію. Результат теоретичного дослідження представлено на рис. 5. Отриманий результат моделювання $\mu(T)$ має типовий вигляд.

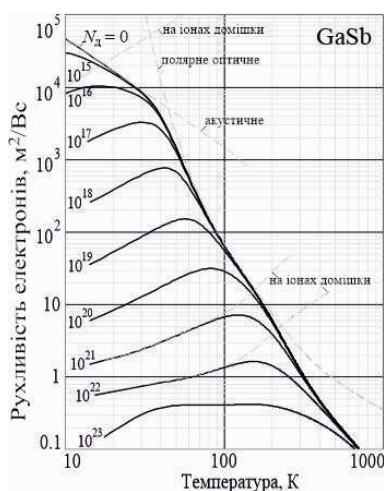


Рис. 5. Температурна залежність слабкопольової рухливості електронів у GaSb

За низьких температур рухливість зростає. Високим рівням легування напівпровідника відповідають менші значення рухливості. Зростаючі ділянки графіка формують процеси розсіювання на іонах домішки. Це також підтверджують допоміжні (пунктирні) лінії, які представлені для концентрацій домішки 10^{16} м^{-3} , 10^{21} м^{-3} , 10^{22} м^{-3} . Вище було зазначено, що зі зниженням рівня легування на процеси розсіювання на іонах домішки накладаються механізми фононного розсіювання. З графіка видно, що при концентрації домішки 10^{16} м^{-3} рухливість зростає у більш вузькому діапазоні температур. З подальшим зростанням температури проявляється інша характерна особливість типової залежності – спадаюча ділянка. Вона формується під дією визначальної ролі

процесів розсіювання на теплових коливаннях кристалічної ґратки. Наведені допоміжні лінії дозволяють виявити, що в широкому діапазоні температур ділянка залежності, що спадає, формується за рахунок домінуючої ролі полярного оптичного розсіювання.

Для верифікації одержаних результатів моделювання рухливості електронів у GaSb розрахована відповідна експериментальним даним [15] залежність рухливості носіїв від концентрації домішки. Результати чисельного моделювання рухливості та реконструйовані з [15] експериментальні дані представлені на рис. 6.

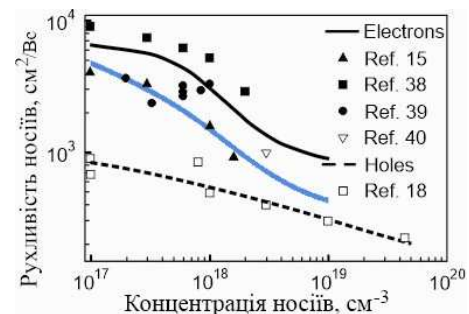


Рис. 6. Порівняння з експериментальними даними [15] залежності рухливості електронів від рівня легування антимоніду галію

Спостерігається задовільна відповідність результату моделювання рухливості експериментальним даним [15]. Відповідність досягнуто підбором параметрів моделювання (зазначені в таблиці 1) із низки значень, представлених у науково-технічній літературі.

На рис. 7 представлені результати чисельного моделювання залежності дрейфової рухливості електронів в антимоніді галію та арсеніді галію при 300 К.

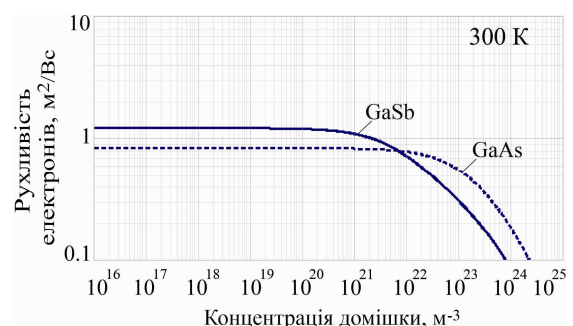


Рис. 7. Залежність дрейфової рухливості електронів у GaSb та GaAs від концентрації домішки

Порівняння результатів чисельного моделювання залежності $\mu(N_d)$ показує, що при 300 К значення рухливості електронів у GaSb перевищують відповідні величини в GaAs при концентрації домішкових атомів $N_d < 10^{21} \text{ м}^{-3}$. При концентрації домішкових атомів понад 10^{22} м^{-3} вищі значення дрейфової рухливості мають електрони в GaAs.

Висновки

На основі тридолинної моделі зони провідності проведено детальний аналіз процесів розсіювання електронів в антимоніді галію. Дана кількісна оцінка швидкостей розсіювання в долинах.

Вперше розрахована температурна залежність слабополюсової дрейфової рухливості електронів в антимоніді галію в широкому діапазоні температур та концентрації домішки. Проведено порівняння результату моделювання з експериментальними даними. Отримано задовільну відповідність до експериментальних даних.

Для дослідження електричних властивостей електронів в антимоніді галію в режимі слабого електричного поля визначено параметри моделювання, що забезпечують найкращу відповідність до експериментальних даних.

Проведено порівняння рухливості електронів в антимоніді галію та арсеніді галію при 300 К. Показано, що рухливість електронів в антимоніді галію при зазначеній температурі кристалічної ґратки перевищує відповідні значення в арсеніді галію при концентраціях домішки менше 10^{21} м^{-3} .

Отримані результати можуть бути покладені в основу досліджень транспортних властивостей електронів у багатокомпонентних напівпровідниках, в яких однією із складових є антимонід галію.

Література

- [1] P. S. Dutta, and H. L. Bhat, «The physics and technology of gallium antimonide: An emerging optoelectronic material», *J. Appl. Phys.*, vol. 81, no. 9, pp. 5821–5870, 1997. DOI: 10.1063/1.365356
- [2] V. W. L. Chin, «Electron mobility in GaSb», *Solid-State Electronics*, vol. 38, no. 1, pp. 59–67, 1995. DOI: 10.1016/0038-1101(94)E0063-K
- [3] P. Damayanthi, R. P. Joshi, and J. A. McAdoo, «Electron mobility and drift velocity calculations for bulk GaSb material», *J. Appl. Phys.*, vol. 86, no. 9, 5060–5064, 1999. DOI: 10.1063/1.371479
- [4] T. K. Gajaria, S. D. Dabhi, P. K. Jha, «Energetics and Thermoelectric Profiles of Gallium Pnictide Polytypes», *Scientific Reports*, no. 9:5884, pp. 1–20, 2019. DOI: 10.1038/s41598-019-41982-9
- [5] A. G. Milnes and A. Y. Polyakov, «Gallium antimonide device related properties», *Solid-State Electronics*, vol. 36, no. 6, pp. 803–818, 1993. DOI: 10.1016/0038-1101(93)90002-8
- [6] I. Vurgaftman, J. R. Meyer, L. R. Ram-Mohan, «Band parameters for III–V compound semiconductors and their alloys», *J. Appl. Phys.*, vol. 89, no. 11, pp. 5815–5875, 2001. DOI: 10.1063/1.1368156
- [7] T. Saurova, I. Baida, «Infrared detectors based on ternary semiconductor quantum structures», *Bull. Kyiv Polytech. Inst. Ser. Instrum. Mak.*, vol. 52(2), pp. 65–71, 2016. DOI: 10.20535/1970.52(2).2016.92951
- [8] D. L. Rode, «Electron Mobility in Direct-Gap Polar Semiconductors», *Phys. Rev. B*, vol. 2, no. 4, pp. 1012–1024, 1970. DOI: 10.1103/PhysRevB.2.1012
- [9] H. J. Lee and J. C. Woolley, «Electron transport and conduction band structure of GaSb», *Can. J. Phys.*, vol. 59, pp. 1844–1850, 1981. DOI: 10.1139/p81-245
- [10] G. W. Turner, S. J. Eglash, and A. J. Strauss, «Molecularbeam epitaxial growth of highmobility nGaSb», *J. Vac. Sci. Technol. B*, vol. 11, no. 3, pp. 864–867, 1993. DOI: 10.1116/1.586767
- [11] A. Ya. Vul'. *Handbook Series on Semiconductor Parameters. Volume 1: Si, Ge, C (Diamond), GaAs, GaP, GaSb, InAs, InP, InSb*. World Scientific, 1996. pp. 125–146. DOI: 10.1142/2046-vol1
- [12] В. О. Москалюк. Фізика електронних процесів. Динамічні процеси. Київ, Україна: Політехніка, 2004.
- [13] T. Saurova, D. Kuzmenko, *Bull. Kyiv Polytech. Inst. Ser. Instrum. Mak.*, vol. 54(2), pp. 49–52, 2017. DOI: 10.20535/1970.54(2).2017.119530
- [14] Т. А. Саурова, В. О. Борс, «Властивості арсеніду алюмінію-галію в імпульсному режимі електричного поля», *Вісник НТУУ "КПІ", серія Приладобудування*, Вип. 57(1), с. 49–55, 2019. DOI: 10.20535/1970.57(1).2019.172023
- [15] G. Stollwerck, O. V. Sulima, and A. W. Bett, «Characterization and Simulation of GaSb Device-Related Properties», *IEEE Trans. Electron Devices*, vol. 47, no. 2, pp. 448–457, 2000. DOI: 10.1109/16.822293

UDC 621.382.3

T. Saurova, R. Stasjuk

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine

LOW-FIELD ELECTRON MOBILITY IN GALLIUM ANTIMONIDE

Scientific and technical literature indicates that over the course of several decades, technologies for growing gallium antimonide have been improved and its properties have been comprehensively studied. Taking into account the obtained results of research into the properties of GaSb, developers consider it a material with enormous potential for creating devices with a variety of functional capabilities.

Scientific publications present both theoretical and experimental data on the low-field electron mobility in gallium antimonide. The dependencies of mobility on temperature and doping level of gallium antimonide have been investigated. The temperature dependence of mobility has been studied within a narrow range of impurity atom concentration values. The dependence of mobility on concentration has been determined for crystal lattice temperature values of 77 K and 300 K.

The objective of the present work is to model the low-field electron mobility in gallium antimonide crystals over an extended range of impurity concentrations and temperatures.

The analysis has been carried out within the framework of a three-valley conduction band model. Detailed consideration has been given to electron scattering processes in GaSb. The temperature dependences of scattering rates in the Γ -, L-, and X-valleys have been established. For each valley, the characteristic features of impurity and phonon scattering mechanisms over a wide temperature range have been identified, and quantitative estimates of scattering rates have been obtained.

For the first time, the temperature dependence of the low-field drift mobility of electrons in gallium antimonide has been calculated over a wide range of temperatures and impurity concentrations. A comparison with experimental data was made of the results of modeling the dependence of electron mobility on the concentration of impurity atoms. Satisfactory compliance was obtained.

To study the electrical properties of electrons in gallium antimonide in the low electric field mode, modeling parameters were determined that provide the best fit to experimental data.

Keywords: gallium antimonide, GaSb, scattering rate, electron mobility, momentum relaxation time.

*Надійшла до редакції
19 серпня 2025 року*

*Рецензовано
20 вересня 2025 року*



© 2025 Copyright for this paper by its authors.
Use permitted under Creative Commons License Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).