

І.А. Большакова<sup>1</sup>, В.Н. Брудний<sup>2</sup>, Д.М. Заячук<sup>1</sup>, О.Ю. Макідо<sup>1</sup>, В.Т. Маслюк<sup>3</sup>,  
І.Г. Мегела<sup>3</sup>, Т.А. Московець<sup>1</sup>, Ф.М. Шуригін<sup>1</sup>

## Вплив електронного опромінення на мікрочистали InSb<Sn> та InAs<Sn>

<sup>1</sup>Лабораторія Магнітних Сенсорів, Національний університет «Львівська політехніка»,  
вул. Котляревського, 1, Львів, 79013, Україна, т.(032)297-03-93,  
e-mail [inessa@mail.lviv.ua](mailto:inessa@mail.lviv.ua)

<sup>2</sup>Сибірський фізико-технічний інститут ім. В.Д. Кузнецова, Томськ, Росія.

<sup>3</sup>Інститут електронної фізики НАН України, Ужгород, Україна

Проведені дослідження впливу дії електронного опромінення на мікрочистали InSb<Sn> та InAs<Sn>, вирощені методом хімічних транспортних реакцій, які характеризуються високою структурною досконалістю та низькою густиною дислокацій і представляють практичний інтерес для виготовлення на їх основі датчиків магнітного поля для екстремальних умов експлуатації. Проведені дослідження концентраційних та дозових залежностей відносної зміни концентрації носіїв заряду під дією електронного опромінення, обговорюються особливості поведінки цих матеріалів після опромінення їх високоенергетичними частинками.

**Ключові слова:** мікрочистали, сенсори магнітного поля, радіаційні дефекти, опромінення електронами, концентрація носіїв заряду.

Стаття постуила до редакції 11.03.2005; прийнята до друку 30.05.2005

### I. Вступ

Напівпровідникові сполуки InSb та InAs за особливостями зміни електрофізичних параметрів під дією високоенергетичної радіації (електронному, протонному, нейтронному опроміненні) займають особливе місце серед напівпровідників групи III-V.

Так, в InAs рівень Фермі під дією опромінення високоенергетичними частинками зміщується в область дозволених енергій зони провідності та закріплюється поблизу положення  $E_V + 0,5$  eV на відміну від більшості матеріалів групи III-V, для яких характерним є зміщення рівня Фермі в результаті опромінення в глибину забороненої зони [1-3]. Протягом довгого часу таку особливість InAs пов'язували з утворенням в ґратці даного напівпровідника водневоподібних радіаційних дефектів переважно донорного типу [4]. І лише дослідження сильнолегованого  $n^+$ -InAs ( $n^+ \approx 2 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ ) показали [3], що в даному матеріалі під дією опромінення вводяться також дефекти акцепторного типу. Таким чином, при опроміненні InAs, як і інших напівпровідників групи III-V, в ґратку матеріалу вводяться радіаційні дефекти як донорного, так і акцепторного типів, а ефективність їх впливу на властивості даного напівпровідника залежить від рівня легування та типу провідності вихідного матеріалу.

Щодо InSb, то, не дивлячись на значний об'єм експериментальних даних, інформація про природу радіаційних дефектів та їх вплив на зміну електрофізичних параметрів даного матеріалу є протирічливою, що обумовлено низькою причин. По-перше, це висока густина власних носіїв (електронів) в InSb при  $T = 300$  K  $n_i \approx 2 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ , що обумовлює необхідність дослідження радіаційних дефектів в даному напівпровіднику при низьких температурах [5]. По-друге, малі значення ширини забороненої зони  $E_g \approx 0,24$  eV при низьких температурах і, відповідно, ефективної маси вільних електронів  $m_n \approx 0,014m_0$  [6] призводять до "легкості" формування хвостів густини станів в забороненій зоні InSb та появи стрибкової провідності в зразках, компенсованих при опроміненні. Це ускладнює дослідження радіаційних дефектів в легованому матеріалі і тому частіше досліджується "чистий" або слаболегований InSb, для якого потрібні малі дози опромінення [7].

Більшість попередніх досліджень слаболегованого n-InSb вказують на те, що результати дії високоенергетичної радіації на параметри InSb у великій мірі залежать від температури опромінення матеріалу. Так, опромінення електронами з  $E < 8$  MeV при температурі  $T_{\text{опр}} = 300$  K призводить до утворення зразків InSb n-типу провідності з концентрацією

вільних носіїв заряду  $n \approx 10^{14} \text{ см}^{-3}$  [7,8]; опромінення при низьких температурах ( $T_{\text{опр}} < 80 \text{ К}$ ) електронами з енергією  $\sim 1 \text{ MeV}$  призводить до n-p конверсії типу провідності слаболегованого n-InSb [8]. Із збільшенням температури опромінення зростає доля дефектів, енергетичні рівні яких розташовані у верхній половині забороненої зони. Імовірно, що саме з цим пов'язаний зсув „граничного” рівня Фермі в InSb у напрямку зони провідності із зростанням температури опромінення (для температур опромінення поблизу 80, 200 та 300 К оцінені положення рівня Фермі склали приблизно  $E_V + 0,03 \text{ eV}$ ;  $E_V + 0,08 \text{ eV}$ ;  $E_C - 0,03 \text{ eV}$  відповідно [7]).

Основні дослідження радіаційних дефектів для InSb та InAs проводяться головним чином на об'ємних монокристалічних матеріалах при низьких температурах [9-11]. Між тим, основне комерційне використання цих матеріалів на даний час – це тонкоплівкові холлівські сенсори магнітного поля, які працюють при температурах, близьких до кімнатної. Крім того, при деяких умовах експлуатації (ядерна фізика, відкритий космос) необхідно забезпечити стійкість параметрів сенсорів на основі цих матеріалів до дії високоенергетичної радіації [12,13]. Все це разом обумовлює необхідність вивчення радіаційних дефектів в n-InSb та n-InAs з різним рівнем легування, які виникають при температурі опромінення  $T_{\text{опром}} \geq 300 \text{ К}$ .

Саме дослідженню дії електронного опромінення на параметри зразків InSb та InAs з різною початковою концентрацією вільних носіїв заряду від  $10^{16} \text{ см}^{-3}$  до  $10^{18} \text{ см}^{-3}$  при  $T \geq 300 \text{ К}$  присвячена дана робота.

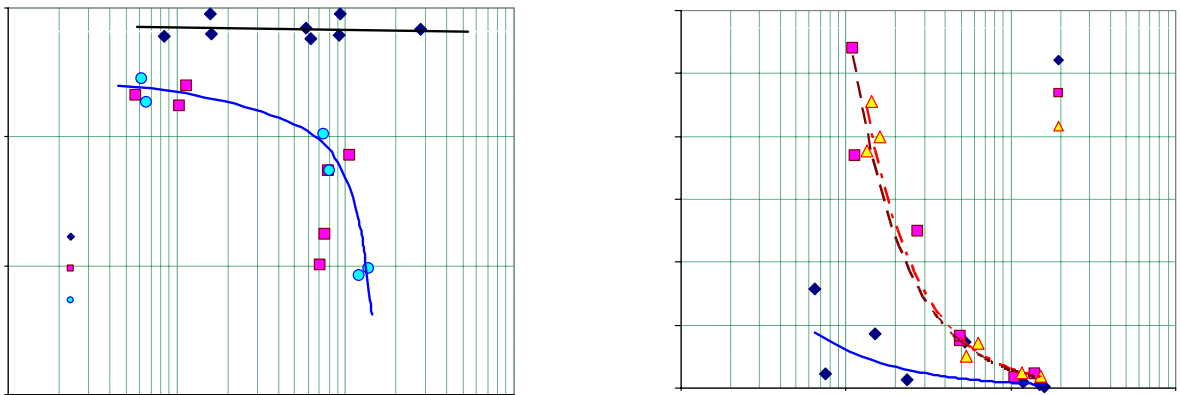
Дослідженню підлягали мікрокристали InSb та InAs розмірами  $(10 \times 0,1 \times 0,05) \text{ мм}^3$ , вирощені методом хімічних транспортних реакцій (ХТР). Такий матеріал характеризується більш високою структурною досконалістю та низькою густиною дислокацій. В процесі вирощування дані мікрокристали легувалися амфотерною домішкою Sn

до концентрації вільних електронів:  $n_0 = (5,7 \cdot 10^{16} \div 1,4 \cdot 10^{18}) \text{ см}^{-3}$  для InSb та  $n_0 = (6,5 \cdot 10^{16} \div 1,5 \cdot 10^{18}) \text{ см}^{-3}$  для InAs.

Амфотерна домішка Sn широко використовується при легуванні даного матеріалу для отримання n-InSb з різною концентрацією вільних електронів. При цьому, якщо в слаболегованому матеріалі атоми Sn переважно входять в підгратку In, що призводить до зростання концентрації вільних електронів, то із збільшенням рівня легування атоми Sn ефективно перерозподіляються між підгратками In та Sb, формуючи нейтральні пари  $\text{Sn}_{\text{In}}-\text{Sn}_{\text{Sb}}$ , що спричинює збільшення ступеня компенсації сильнолегованого матеріалу. Так, для  $n_0 \sim 10^{16} \text{ см}^{-3}$  ступінь компенсації  $K = N(\text{Sn}_{\text{Sb}})/N(\text{Sn}_{\text{In}}) \sim 0,2$ , при граничних рівнях легування  $N_{\text{Sn}} \sim (3-4) \cdot 10^{20} \text{ см}^{-3}$  та концентрації вільних електронів  $n_0 \sim (3-4) \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$  ступінь компенсації зростає до  $K \sim 1$  [14,15]. Це обумовлено тим, що при таких високих рівнях легування в  $n^+-\text{InSb} < \text{Sn} >$  значення  $N(\text{Sn}_{\text{Sb}}) \approx N(\text{Sn}_{\text{In}})$ , тобто матеріал практично повністю компенсований. В InAs олово проявляє переважно донорні властивості при всіх рівнях концентрації до найбільш високих ( $10^{19} \text{ см}^{-3}$ ).

Опромінення досліджуваних матеріалів проводилося на імпульсному прискорювачі Мікротрон М30 у Відділі фотоядерних процесів Інституту Електронної Фізики НАН України (м. Ужгород). Температура опромінених зразків підтримувалася на рівні  $(273 \div 300) \text{ К}$  та забезпечувалася обдуванням контейнера із зразками парами рідкого азоту. Енергія електронів становила  $13 \text{ MeV}$ , флюенси – від  $1,0 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-2}$  до  $1,6 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$ .

Вимірювання електрофізичних параметрів зразків InSb та InAs до та після опромінення проводилося при температурі  $300 \text{ К}$  на прецизійному стенді TI-3, створеному в Лабораторії Магнітних Сенсорів НУ „Львівська політехніка” на базі установки HMS 7504 (Lake Shore, USA). Похибка вимірювання відносної зміни концентрації носіїв заряду досліджуваних зразків складала  $\pm 0,01 \%$ .



**Рис. 1.** Концентраційні залежності відносної зміни концентрації носіїв заряду для мікрокристалів InSb (а) та InAs (б), опромінені потоком електронів до флюенсів: 1 –  $\Phi = 1 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-2}$ ; 2 –  $\Phi = 8 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-2}$ ; 3 –  $\Phi = 1,6 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$ .

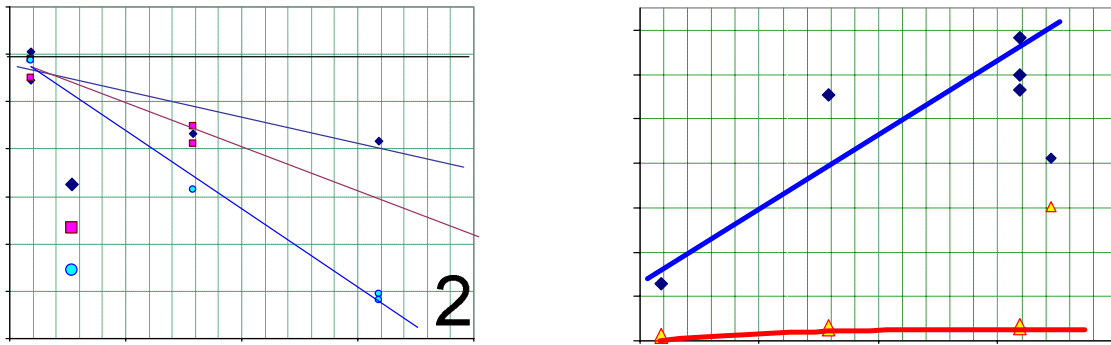


Рис. 2. Дозові залежності відносної зміни концентрації носіїв заряду для мікрокристалів InSb (а)

та InAs (б), із різним рівнем легування:  
 а) 1 –  $n_0 = 6 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$ ; 2 –  $n_0 = 1 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$ ; 3 –  $n_0 = 1 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$ ;  
 б) 1 –  $n_0 = 1 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$ ; 2 –  $n_0 = 1 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$ .

## II. Результати досліджень та їх обговорення

В результаті проведених досліджень були одержані концентраційні та дозові залежності відносної зміни концентрації носіїв заряду  $\Delta n/n$ , а також концентраційні залежності швидкості видалення носіїв заряду  $\Delta n/\Delta \Phi$  для мікрокристалів InAs та InSb із різним набором вихідних концентрацій носіїв заряду (рис. 1,2,3).

Як видно з графіків концентраційних залежностей відносної зміни концентрації носіїв заряду у всьому діапазоні концентрацій для всіх досліджуваних флюенсів значення  $\Delta n/n$  для мікрокристалів InSb майже на порядок менше значення  $\Delta n/n$  для мікрокристалів InAs. Високотемпературне електролічне опромінення ( $T_{\text{опр}} = 300 \text{ K}$ ) InSb (рис. 1,а) призводить до зменшення концентрації носіїв заряду для всього досліджуваного діапазону вихідних концентрацій. Ці зміни є більш відчутні для зразків з високим початковим рівнем легування. Так, при  $\Phi_{\text{el}} > 8 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-2}$  відносна зміна концентрації вільних електронів зростає від  $\sim 4\%$  в матеріалі з

$n_0 \sim 6 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$  до  $\sim 10\%$  в матеріалі з  $n_0 \sim 1,5 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$ . При тих же умовах для мікрокристалів InAs (рис. 1,б) спостерігається зворотна залежність: під дією опромінення концентрація носіїв заряду досліджуваних зразків зростає і найбільших значень її зміна досягає в зразках з меншим початковим рівнем легування. Так, якщо при  $\Phi_{\text{el}} > 8 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-2}$  для кристалів InAs з початковою концентрацією носіїв заряду  $n_0 \sim 1 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$   $\Delta n/n \sim 120\%$ , то для кристалів з початковою концентрацією  $n_0 \sim 1,5 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$   $\Delta n/n$  падає до  $\sim 15\%$ . Виявлені зміни електрофізичних параметрів для мікрокристалів InSb можна пояснити переважним утворенням в матеріалі радіаційних дефектів акцепторного типу, рівні яких знаходяться в нижній половині забороненої зони, тоді як для мікрокристалів InAs – введенням більшої кількості радіаційних дефектів донорного типу в порівнянні з кількістю радіаційних акцепторів та зміщенням рівня Фермі під дією опромінення в область дозволених енергій.

Характер дозових залежностей відносної зміни концентрації носіїв заряду для мікрокристалів InSb та InAs також є різний (рис. 2 а,б). Для InSb більш чутливими до підвищення дози опромінення виявилися зразки з високою початковою концентрацією вільних носіїв заряду (рис. 2,а). В той же час для

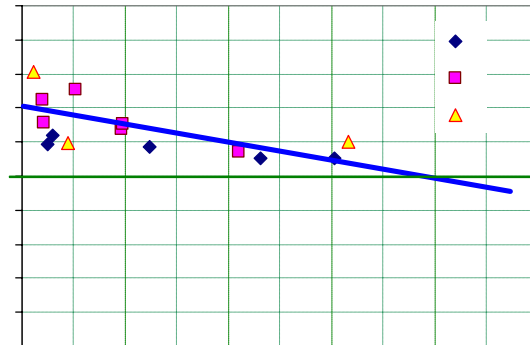
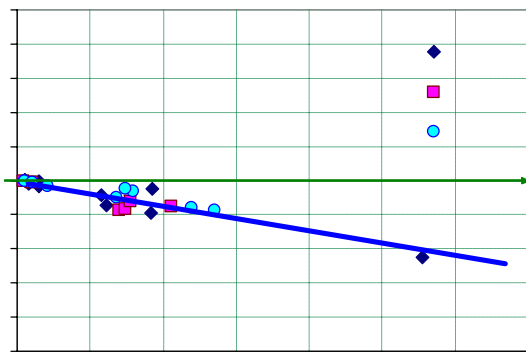


Рис. 3. Концентраційні залежності швидкості видалення носіїв заряду для мікрокристалів InSb (а) та InAs (б), опромінені потоком електронів до флюенсів: 1 –  $\Phi = 1 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-2}$ ; 2 –  $\Phi = 8 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-2}$ ; 3 –  $\Phi = 1,6 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$ .

мікрокристалів InAs з початковою концентрацією  $n_0 = 1 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$  при збільшенні флюенсу електронів відносна зміна концентрації вільних носіїв заряду залишається практично сталою.

Концентраційні залежності швидкості видалення носіїв заряду  $\Delta n / \Delta \Phi$  (рис. 3) підкреслюють відмінність в поведінці цих двох матеріалів при опроміненні: швидкості видалення носіїв заряду в мікрокристалах InSb та InAs мають різні знаки. Значення швидкості видалення носіїв заряду як для InSb, так і для InAs, не залежить від зростання кількості радіаційних дефектів при збільшенні дози опромінення ( $\Delta n / \Delta \Phi$  при різних флюенсах практично однакові при  $n = \text{const}$  для кожного з матеріалів), а залежить від вихідного рівня легування матеріалу (рис. 3а,б).

Екстраполяція даної залежності до перетину з віссю абсцис дає можливість визначити граничне значення рівня легування матеріалу, при якому  $\Delta n / \Delta \Phi \approx 0 \text{ см}^{-1}$ , тобто зміна концентрації носіїв заряду  $n_{\text{lim}}$ , прямує до нуля. Для мікрокристалів InSb таке значення концентрації носіїв заряду лежить в області власної провідності матеріалу  $n_i \approx 2 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$  (рис. 3а), для InAs –  $n_{\text{lim}} \approx (2-3) \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$  (рис. 3б), яке відповідає сильному виродженню матеріалу та положенню рівня Фермі в області дозволених енергій зони провідності InAs. Одержані значення граничних концентрацій для мікрокристалів InSb та InAs близькі до відповідних значень граничних концентрацій об'ємних кристалів InSb та InAs, опромінені електронами, протонами або швидкими нейтронами [1-3,7,16].

Значення максимальної швидкості видалення носіїв заряду при високотемпературному опроміненні електронами ( $T_{\text{опр}} = 300 \text{ K}$ ) з енергією  $E = 13 \text{ MeV}$  для мікрокристалів InSb та для об'ємних  $n^+$ -InSb з подібною вихідною концентрацією носіїв заряду ( $n_0 \sim 1,5 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$ ) при різній температурі вимірювання близькі за величиною: для мікрокристалів InSb  $\Delta n / \Delta \Phi \sim 0,8 \text{ см}^{-1}$  ( $T_{\text{вим}} = 300 \text{ K}$ ), для об'ємного  $n^+$ -InSb  $\Delta n / \Delta \Phi \sim 0,7 \text{ см}^{-1}$  ( $T_{\text{вим}} = 78 \text{ K}$ ) [8]. Така подібність результатів разом з даними для об'ємного  $n^+$ -InSb [7,11] свідчить, що переважним ефектом при електронному опроміненні матеріалу InSb є формування в ньому радіаційних дефектів акцепторного типу, однаково ефективних в інтервалі температур (77-300) K.

Дані дослідження мікрокристалів InAs разом з іншими роботами по опроміненню об'ємного InAs підтверджують теоретичні положення про те, що граничні електрофізичні характеристики даної сполуки та граничне положення рівня Фермі  $F_{\text{lim}}$  не залежать від виду опромінення і, отже, характеру радіаційних порушень матеріалу [1]. Крім того, слід відзначити, що незалежно від способу вирощування (об'ємні монокристали, мікрокристали, епітаксійні плівки) та типу легуючої хімічної домішки при всіх видах опромінення (електронному, протонному,

нейтронному) InAs завжди набуває  $n^+$ -тип провідності ( $n^+ \approx (2 \div 3) \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$ ). При цьому рівень Фермі стабілізується в такому матеріалі в області дозволених енергій зони провідності поблизу  $E_V + (0,51-0,55) \text{ eV}$  при  $T = (77-295) \text{ K}$  [1,16]. Оскільки в InAs при опроміненні вводяться радіаційні дефекти як донорного, так і акцепторного типів, ефективність яких залежить від типу провідності та вихідного рівня легування матеріалу, то закріплення рівня Фермі під дією опромінення є результатом взаємної компенсації всього ансамблю дефектів донорного та акцепторного типів. При цьому для  $n_0 > n_{\text{lim}} \approx (2-3) \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$  більш ефективними є радіаційні акцептори, а для  $n_0 < n_{\text{lim}} \approx (2-3) \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$  – радіаційні донори. В цілому реакція InAs на високоенергетичне опромінення може розглядатися як явище радіаційної “самокомпенсації” (компенсації електричної активності вихідного матеріалу), внаслідок чого рівень Фермі закріплюється в положенні  $F_{\text{lim}}$ , тому саме значення  $F_{\text{lim}}$  відноситься до власних (фундаментальних) параметрів даного матеріалу.

### III. Висновки

Аналіз результатів проведених досліджень показав, що для матеріалів InSb та InAs зміни електрофізичних параметрів під дією електронного опромінення, зокрема концентрації носіїв заряду, визначаються початковим рівнем легування матеріалу. Значення оптимальної вихідної концентрації носіїв заряду, для якої вірним є співвідношення  $\Delta n / \Delta \Phi = 0 \text{ см}^{-1}$ , не залежить від отриманої дози опромінення. Для мікрокристалів InSb такою вихідною концентрацією є  $n_0 = 2 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$ , яка відповідає власній провідності матеріалу. Для мікрокристалів InAs ця вихідна концентрація набуває значення  $n_0 = (2 \div 3) \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$ , що відповідає сильно виродженому матеріалу.

Відмінність в поведінці цих двох матеріалів під дією опромінення електронами обумовлена різним впливом опромінення на зміщення рівня Фермі в матеріалі. В матеріалі InSb рівень Фермі зміщується в заборонену зону, для InAs при накопиченні радіаційних дефектів зсув рівня Фермі відбувається у напрямі дозволених енергій зони провідності.

Результати проведених досліджень якісно збігаються із чисельними даними результатів по дослідженню радіаційних дефектів в об'ємних матеріалах InSb та InAs, а також підтверджують основні висновки ряду теоретичних робіт, в яких представлений аналіз електрофізичних параметрів цих напівпровідникових матеріалів, опроміненіх високоенергетичними частинками [1,7,17,18].

- [1] В.Н. Брудный, С.Н. Гриняев, Н.Г. Колин. Электрофизические и оптические свойства облучения электронами (2 МэВ) InAs: энергетическая структура собственных точечных дефектов // *ФТП*, **39**(4), сс. 409-418 (2005).
- [2] В.Н. Брудный, Н.Г. Колин, А.И. Потапов. Электрофизические свойства InAs, облученного протонами // *ФТП*, **37**(4), сс. 408-413 (2003).
- [3] Н.Г. Колин, В.Б. Освенский, Н.С. Рытова, Е.С. Юрова. Электрофизические свойства арсенида индия, облученного быстрыми нейтронами. (Воздействие потоков энергии на материалы) // *Физика и химия обработки материалов*, **6**, сс. 3-8 (1986).
- [4] D.J. Lindsey, P.C. Benbury. Electron irradiation damage studies in indium arsenide // *Rad. Damage and Defects in Semicond, Bristol-London, Inst. Phys. conf.*, **16**, pp. 34-41 (1975).
- [5] Н.Б. Брандт, В.В. Дмитриев, Е.А. Ладыгин, Е.П. Скипетров. Влияние давления на электрофизические свойства антимонида индия р-типа, облученного быстрыми электронами // *ФТП*, **21**(3), сс. 514-520 (1987).
- [6] О. Маделунг. *Физика полупроводниковых соединений элементов III и V групп*. Мир, М. 477 с. (1967).
- [7] В.Н. Брудный, В.М. Бойко, И.В. Каменская, Н.Г. Колин. Электрофизические свойства и предельное положение уровня Ферми в InSb, облученном протонами // *ФТП*, **38**(7), сс. 802-807 (2004).
- [8] Е.П. Скипетров, В.В. Дмитриев, Ф.А. Заитов, Г.И. Кольцов, Е.А. Ладыгин. Электрофизические свойства антимонида индия п-типа, облученного быстрыми электронами // *ФТП*, **20**(10), сс. 1787-1790 (1986).
- [9] Н.А. Витовский, Т.В. Машовец, О.В. Оганесян, Н.Х. Памбучян. Кинетика изменения концентрации носителей заряда в антимониде индия при облучении электронами с энергией носителей 50 МэВ // *ФТП*, **12**(9), сс. 1861-1862 (1978).
- [10] Ф.А. Заитов, А.Я. Поляков. Влияние облучения электронами на электрофизические свойства и рекомбинацию в антимониде индия // *ФТП*, **12**(9), сс. 1782-1787 (1978).
- [11] В.Н. Брудный, И.А. Большакова, И.В. Каменская, Н.Г. Колин. Образование радиационных дефектов в InSb при облучении высокоэнергетическими частицами // *Proc. 12--й. Intern. Conf. Rad. Phys. and Chem. Inorg. Mater. September 23-27, Tomsk, Russia*, сс. 235-237 (2003)
- [12] I. Bolshakova, V. Brudnyi, N. Kolin, P. Koptsev, Ya. Kost, N. Kovaleva, O. Makido, T. Moskovets, F. Shoorigin. The behavior of InSb under the irradiation with reactor neutrons // *Вісник НУ "Львівська політехніка". Елементи теорії та прилади твердотільної електроніки*, **510**, сс. 56-61 (2004).
- [13] I. Bolshakova, V. Brudnyi, V. Boiko, N. Kolin, M. Kumada. The radiation hardness of magnetic sensors and devices in extreme conditions of irradiation with high neutron fluxes // *Вісник НУ "Львівська політехніка". Елементи теорії та прилади твердотільної електроніки*, **512**, сс. 86-92 (2004).
- [14] В.С. Ивлева, М.Н. Кеворков, Р.С. Митрофанова, А.Н. Попков, В.И. Селянина. Поведение олова в антимониде индия // *ФТП*, **12**(7), сс. 534-537 (1978).
- [15] M. Ozwaldowski and T. Berus. Effect of tin doping on InSb thin films // *Thin Solid Films*, **172**, pp. 71-80 (1989).
- [16] Е.Ю. Брайловский, Д.Б. Гоер, Ю.И. Гутич, И.Г. Мегела. *Радиационное дефектообразование в кристаллах InAs при электронном облучении: Препр. АН Украины, Ин-т ядерных исследований; КИЯИ-91-29*, К. 26с. (1991).
- [17] В.Н. Брудный, С.Н. Гриняев, Н.Г. Колин. Электронные свойства облученных полупроводников, модель закрепления уровня Ферми // *ФТП*, **37**(5), сс. 557-564 (2003).
- [18] В.Н. Брудный, С.Н. Гриняев, Н.Г. Колин. Закрепление уровня Ферми в полупроводниках (границы раздела, кластеры, радиационное модифицирование) // *Изв. ВУЗов. Физика*, **45**(6), сс. 59-66 (2003).

I.A. Bolshakova<sup>1</sup>, V.N. Brudnyi<sup>2</sup>, D.M. Zayachuk<sup>1</sup>, O.Yu. Makido<sup>1</sup>,  
V.T. Maslyuk<sup>3</sup>, I.H. Megela<sup>3</sup>, T.A. Moskovets<sup>1</sup>, F.M. Shurygin<sup>1</sup>

## Electron Irradiation Influence on InSb<Sn> and InAs<Sn> Microcrystals

<sup>1</sup>Magnetic Sensor Laboratory, Lviv Polytechnic National Univ.,  
1, Kotliarevsky Str, Lviv, 79013, Ukraine, (032)297-03-93,  
inessa@mail.lviv.ua

<sup>2</sup>V.D. Kuznetsov Siberial Physical Technical Institute, Tomsk, 634050, Russia,

<sup>3</sup>Institute of Electron Physics of Ukrainian National Academy of Science, Uzhgorod, Ukraine

The investigations were performed on electron irradiation influence on InSb<Sn> and InAs<Sn> microcrystals, grown by chemical transport reactions method (CTR), which are characterized by high structural perfection and low density dislocation. So they have special practical importance for manufacturing magnetic field sensors on their basis to be used under extreme conditions. The investigations were performed on concentration and dose dependences of charge carriers' relative change under electron irradiation conditions. Also there are given the explanations of these materials behavior peculiarities after them having been irradiated by high-energy particles.