

І.А. Большакова, І.С. Гумен, Н.В. Ковальова, О.Ю. Макідо,
В.Т. Маслюк, І.Г. Мегела, Ф.М. Шуригін
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра напівпровідникової електроніки

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕМПЕРАТУРИ ОПРОМІНЕННЯ НА ЗМІНУ ПАРАМЕТРІВ НАПІВПРОВІДНИКОВИХ СЕНСОРІВ МАГНІТНОГО ПОЛЯ НА ОСНОВІ InSb ТА InAs

Ó Большакова І.А., Гумен І.С., Ковальова Н.В., Макідо О.Ю., Маслюк В.Т.,
Мегела І.Г., Шуригін Ф.М., 2008

I.A. Bolshakova, I.S. Gumen, N.V. Kovaliova, O.Yu. Makido,
V.T. Masliuk, I.H. Mehela, F.M. Shurygin

INVESTIGATION OF IRRADIATION TEMPERATURE INFLUENCE ON THE CHANGE IN PARAMETERS OF SEMICONDUCTOR MAGNETIC FIELD SENSORS BASED ON InSb AND InAs

Ó Bolshakova I.A., Gumen I.S., Kovaliova N.V., Makido O.Yu., Masliuk V.T.,
Mehela I.H., Shurygin F.M., 2008

Виконано дослідження впливу температури опромінення сенсорів на основі гетероструктур n-InSb/i-GaAs та n-InAs/Al₂O₃ високоенергетичними електронами в діапазоні від 0 до 200 °С, а також впливу ізохронного відпалу у вакуумі на параметри опромінених зразків. Показано, що під час опромінення в ґратку InSb та InAs вводяться радіаційні дефекти як донорного, так і акцепторного типів. Встановлено, що ефективність впливу радіаційних дефектів на властивості досліджених структур залежить від рівня легування епітаксійних плівок та температури опромінення. Методом ізохронного відпалу зразків, опромінених при різних температурах, доведено, що точкові радіаційні дефекти, які виникають під час опромінення високоенергетичними електронами, зазнають часткового відпалу під час високотемпературного опромінення.

The impact of temperature of n-InSb/i-GaAs and n-InAs/Al₂O₃ heterostructure-based sensors' irradiation with high-energy electrons in the range from 0°C up to 200°C, as well as the influence of isochronous annealing in vacuum upon the parameters of irradiated samples have been investigated. It has been demonstrated that radiation defects of both donor and acceptor types are input into InSb and InAs lattice during irradiation process. It has been determined that the effectiveness of radiation defects' impact on the characteristics of structures under research depends upon the level of epitaxial films' doping and irradiation temperature. It has been proved with the help of samples' isochronous annealing method (applied to the samples irradiated at different temperatures) that point radiation defects appearing at irradiation with high-energy electrons sustain partial annealing in the course of high-temperature irradiation.

Вступ

Під час опромінення високоенергетичними частинками In-вмісних напівпровідникових матеріалів групи A₃B₅ важливим аспектом є дослідження впливу утворених радіаційних дефектів на їх параметри. Для уникнення всіх побічних факторів дослідження впливу радіаційних дефектів на

параметри матеріалу виконують потоком електронів великих енергій, руйнівну силу яких можна зіставити із дією швидких нейтронів на напівпровідниковий матеріал [1].

Сьогодні основним напрямком використання матеріалів InSb та InAs є виготовлення на їх основі сенсорів магнітного поля, тому, враховуючи деякі умови експлуатації (ядерна фізика, відкритий космос), особливо актуальним питання про стійкість сенсорів магнітного поля до дії високоенергетичної радіації при температурах, вищих за кімнатну [2, 3], а також про вплив температури опромінення на поведінку радіаційних дефектів у матеріалі.

Як відомо, при опроміненні напівпровідників групи III-V в ґратку матеріалу вводяться радіаційні дефекти як донорного, так і акцепторного типів, а ефективність їх впливу на властивості цього напівпровідника залежить від рівня легування та типу провідності вихідного матеріалу. При тому рухливість утворених радіаційних дефектів, їх анігіляція та відпал залежать від типу матеріалу та температури, а відпал радіаційних дефектів широко використовують в технології одержання ядернолегованих матеріалів InSb [4, 5] та InAs [6] для стабілізації параметрів матеріалу.

Тому питання утворення та відпалу радіаційних дефектів при різних температурах опромінення, характеру їх впливу на властивості матеріалу мають істотне значення в технології виготовлення напівпровідникових приладів для екстремальних умов експлуатації та оцінювання їх радіаційної стійкості.

Опис експерименту

Опромінення досліджуваних тонкоплівкових сенсорів магнітного поля на основі InSb та InAs було виконано електронами з енергією 13 МеВ при інтенсивності потоку $\varphi = (1,5 \div 1,8) \cdot 10^{13} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ до флюенсу $\Phi = 5,0 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$ на імпульсному прискорювачі мікротрон М30 у Відділі фотоядерних процесів Інституту електронної фізики НАН України (м. Ужгород). Опромінення виконували в трьох контейнерах з однаковим набором досліджуваних зразків при різних температурах опромінення: 0, 100 та 200 °С. Опромінення електронами виконували при струмі пучка до 50 мкА, тривалості імпульсу – 0,2–0,3 мс, частоті подавання імпульсів – 2 кГц. Температури опромінення 0 та 100 °С забезпечувались обдуванням контейнера із зразками парами рідкого азоту, температуру опромінення 200 °С досягали радіаційним розігріванням контейнера. Температура опромінення контролювалась термопарою, яка була розташована безпосередньо біля досліджуваних зразків.

Вимірювання електрофізичних параметрів досліджуваних зразків виконували до та після опромінення при температурі 30°С на прецизійному стенді ПІ-3, створеному в Лабораторії магнітних сенсорів Національного університету “Львівська політехніка” на базі установки HMS 7504 (Lake Shore, USA). Похибка вимірювання відносної зміни концентрації носіїв заряду становила $\pm 0,1 \%$.

Дослідженню підлягали сенсори на основі гетероструктури n-InSb/i-GaAs з початковою концентрацією носіїв заряду $n_1 = 2 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$ та $n_2 = 2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$ з чутливістю відповідно 690 мВ/Тл та 340 мВ/Тл, вхідним опором відповідно 150 Ом та 14 Ом. Сенсори на основі n-InAs/Al₂O₃ характеризувались початковою концентрацією носіїв заряду $n = 2 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$, чутливістю (210–330) мВ/Тл та вхідним опором (43–80) Ом.

Результати дослідження та їх обговорення

Як показали результати дослідження, під час опромінення напівпровідникових сенсорів високоінтенсивним потоком ($\varphi = 1,7 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$) електронів високих енергій ($E = 13 \text{ МеВ}$) зміни параметрів сенсорів залежать від температури опромінення, вихідної концентрації носіїв заряду та матеріалу сенсора.

Дослідження впливу температури опромінення на зміну параметрів сенсорів магнітного поля на основі n-InSb показали, що поведінка сенсорів залежить від температури електронного опромінення та від вихідної концентрації носіїв заряду досліджуваних зразків.

Одержані температурні зміни концентрації носіїв заряду $\Delta n/n$ для тонкоплівкових сенсорів n -InSb з різними вихідними концентраціями показані на рис. 1–2.

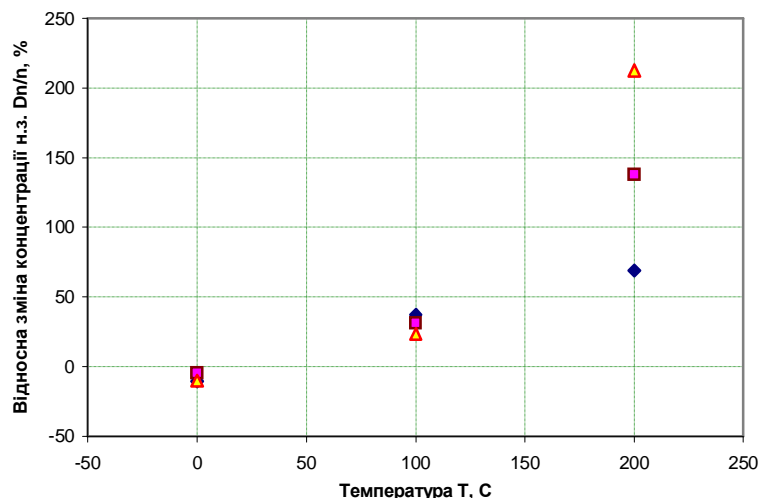


Рис. 1. Залежність відносної зміни концентрації носіїв заряду від температури опромінення для зразків n -InSb з $n_0 = 2 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$ ($\Phi = 5,0 \cdot 10^{17} \text{ ел} \cdot \text{см}^{-2}$)

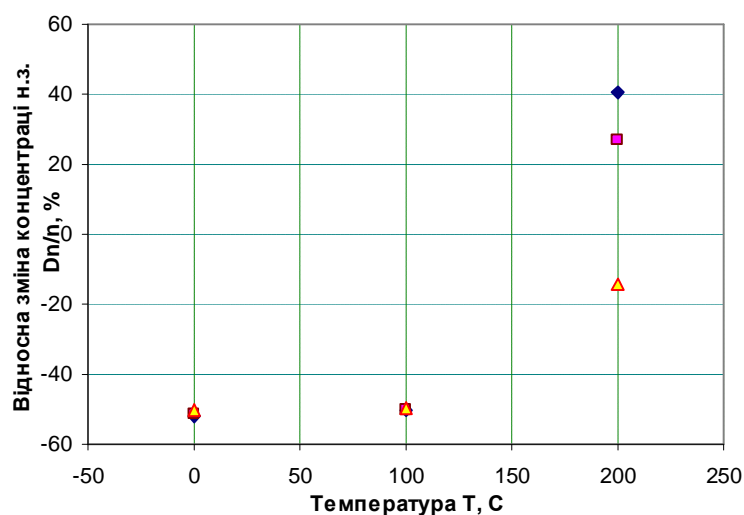


Рис. 2. Залежність відносної зміни концентрації носіїв заряду від температури опромінення для зразків n -InSb з $n_0 = 2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$ ($\Phi = 5,0 \cdot 10^{17} \text{ ел} \cdot \text{см}^{-2}$)

Зростання температури опромінення електронами з енергією 13 MeV призводить до зміни знака відносної зміни концентрації носіїв заряду як для зразків з вихідною концентрацією $n_0 = 2 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$, так і для зразків з $n_0 = 2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$. Зменшення концентрації носіїв заряду для обох вихідних концентрацій спостерігається при температурі опромінення $T_{\text{опр}} = 0 \text{ }^\circ\text{C}$.

Оскільки зміна електрофізичних параметрів опроміненого матеріалу визначається співвідношенням між кількістю утворених радіаційних дефектів донорного та акцепторного типів [7], то зменшення концентрації вільних електронів під час опромінення електронами можна пояснити утворенням радіаційних дефектів переважно акцепторного типу, рівні яких розташовані в нижній половині забороненої зони.

Зростання температури опромінення до $100 \text{ }^\circ\text{C}$ істотно впливає на поведінку матеріалу з малою вихідною концентрацією носіїв заряду $n_0 = 2 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$. За таких умов опромінення спостерігається зростання концентрації носіїв заряду в опроміненіх зразках. До того ж, для зразків з

$n_0 = 2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$ таке підняття температури опромінення на зміну концентрації носіїв заряду практично не впливає ($\Delta n/n = -51\%$ при $T_{\text{опр}} = 0 \text{ }^\circ\text{C}$, $\Delta n/n = -50\%$ при $T_{\text{опр}} = 100 \text{ }^\circ\text{C}$). Зростання концентрації носіїв заряду під час опромінення високоенергетичними електронами для обох вихідних концентрацій спостерігається при високотемпературному опроміненні ($T_{\text{опр}} = 200 \text{ }^\circ\text{C}$). При тому для зразків з $n_0 = 2 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$ зростання концентрації досягає $\Delta n/n = 130\%$, а для $n_0 = 2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$ – $\Delta n/n = 35\%$.

Одержані результати не протирічать виконаним раніше дослідженням впливу температури опромінення на параметри слабколегованого *n*-InSb. Так, було визначено, що опромінення при низьких температурах ($T_{\text{опр}} < 80 \text{ K}$) електронами з енергією $\sim 1 \text{ MeV}$ приводить до *n-p* конверсії типу провідності слабколегованого *n*-InSb [8], а опромінення електронами з $E < 8 \text{ MeV}$ при температурі $T_{\text{опр}} = 300 \text{ K}$ приводить до утворення зразків InSb *n*-типу провідності з концентрацією вільних носіїв заряду $n \approx 10^{14} \text{ см}^{-3}$ [8, 9]. Тобто із збільшенням температури опромінення зразка зростає частка дефектів, енергетичні рівні яких розташовані у верхній половині забороненої зони.

З метою отримання інформації про радіаційно-фізичні процеси, що відбуваються в *n*-InSb під час опромінення високоенергетичними електронами за різних температур опромінення, був виконаний ізохронний відпал досліджуваних мікрокристалічних сенсорів протягом 20 хв в інтервалі температур 30–250 $^\circ\text{C}$. Залежності концентрації носіїв заряду та чутливості сенсорів з різною початковою концентрацією носіїв заряду від температури відпалу, опромінених при різних температурах, показані на рис. 3–6.

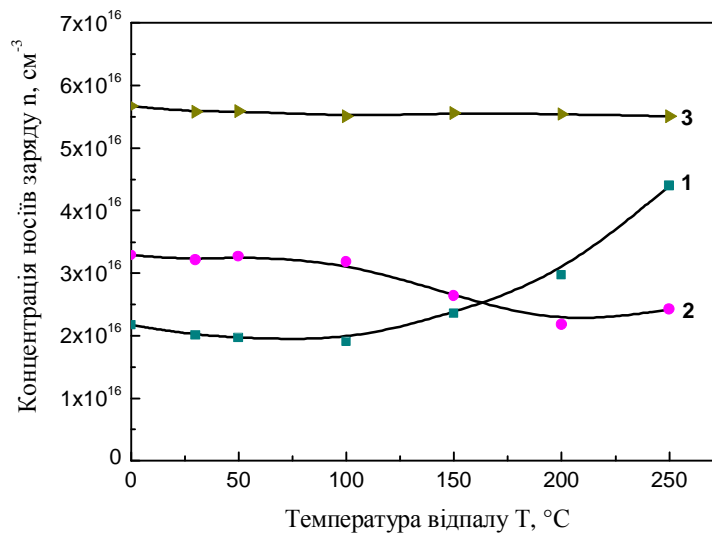


Рис. 3. Залежності концентрації носіїв заряду від температури ізохронного відпалу для зразків *n*-InSb з вихідною концентрацією носіїв заряду $n_0 = 2 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$, опромінених при температурах: 1 – $T_{\text{опр}} = 0 \text{ }^\circ\text{C}$; 2 – $T_{\text{опр}} = 100 \text{ }^\circ\text{C}$ та 3 – $T_{\text{опр}} = 200 \text{ }^\circ\text{C}$. На осі ординат показані значення концентрації після опромінення електронами до $\Phi = 5 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$

З одержаних залежностей очевидно, що тип радіаційних дефектів та їх стійкість у матеріалі *n*-InSb залежить від вихідної концентрації напівпровідникового матеріалу та температури опромінення.

Аналіз результатів виконаних експериментальних досліджень показав, що для сенсорів на основі *n*-InSb, опромінених при температурі $0 \text{ }^\circ\text{C}$, відпал первинних донорних радіаційних дефектів відбувається в інтервалі температур 30–100 $^\circ\text{C}$, про що свідчить зростання чутливості сенсорів, яке становить 3 % для матеріалів сенсорів з концентрацією носіїв заряду $n_0 = 2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$ та 14 % для $n_0 = 2 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$. До того ж для сенсорів, опромінення яких виконували при високих температурах 100 та 200 $^\circ\text{C}$ зміни чутливості при температурах відпалу 30–100 $^\circ\text{C}$ не спостерігається.

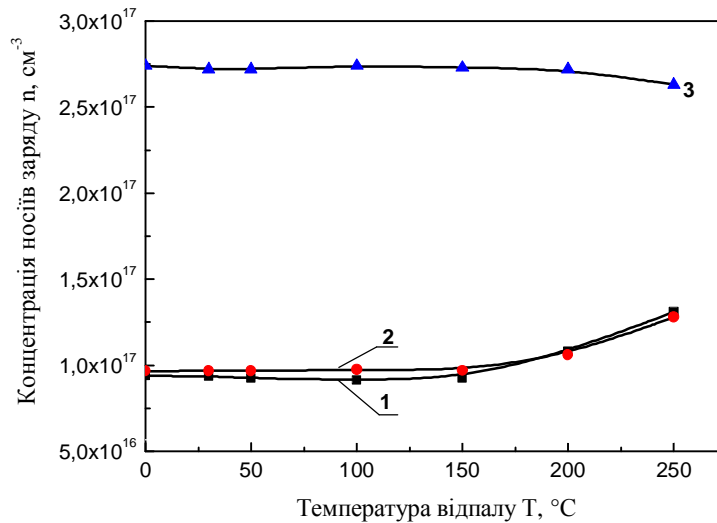


Рис. 4. Залежності концентрації носіїв заряду від температури ізохронного відпалу для зразків n-InSb з вихідною концентрацією носіїв заряду $n_0=2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$, опромінені при температурах: 1 – $T_{\text{опр}}=0 \text{ }^\circ\text{C}$; 2 – $T_{\text{опр}}=100 \text{ }^\circ\text{C}$ та 3 – $T_{\text{опр}}=200 \text{ }^\circ\text{C}$. На осі ординат показані значення концентрації після опромінення електронами до $\Phi=5 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$

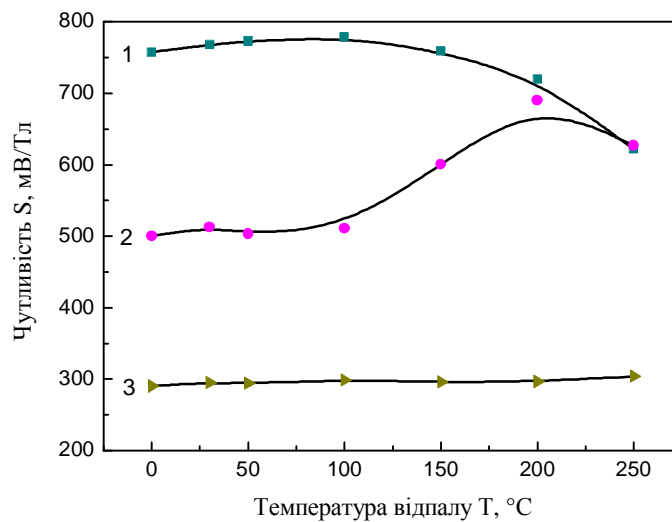


Рис. 5. Залежності чутливості сенсорів на основі n-InSb від температури ізохронного відпалу для зразків з вихідною концентрацією носіїв заряду $n_0=2 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$, опромінені при температурах: 1 – $T_{\text{опр}}=0 \text{ }^\circ\text{C}$; 2 – $T_{\text{опр}}=100 \text{ }^\circ\text{C}$ та 3 – $T_{\text{опр}}=200 \text{ }^\circ\text{C}$. На осі ординат показані значення чутливості сенсорів після опромінення електронами до $\Phi=5 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$

В інтервалі температур 150–200 °C поведінка зразків, опромінені при температурі 100 °C, залежить від вихідної концентрації носіїв заряду. Якщо для зразків з вихідною концентрацією носіїв заряду $n_0 = 2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$ характерним є стабільність параметрів при температурах відпалу < 200 °C, то для зразків з $n_0 = 2 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$ відпал в інтервалі температур 150–200 °C приводить до зростання чутливості сенсора на 35 % за рахунок відпалу точкових радіаційних дефектів донорного типу. Поява саме точкових радіаційних дефектів донорного типу в даному матеріалі під час електронного опромінення і приводить до різкого зростання концентрації носіїв заряду (до 40 %) в цих зразках.

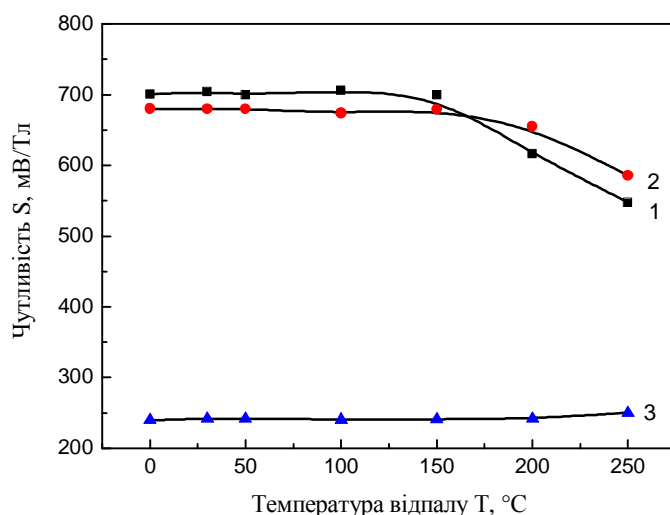


Рис. 6. Залежності чутливості сенсорів на основі n-InSb від температури ізохронного відпалу для зразків з вихідною концентрацією носіїв заряду $n_0=2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$, опромінених при температурах: 1 – $T_{\text{опр}}=0 \text{ }^\circ\text{C}$; 2 – $T_{\text{опр}}=100 \text{ }^\circ\text{C}$ та 3 – $T_{\text{опр}}=200 \text{ }^\circ\text{C}$. На осі ординат показані значення чутливості сенсорів після опромінення електронами до $\Phi=5 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$.

Однак при вищих температурах відпалу порядку 200–250 °C для всіх концентрацій спостерігається помітне зменшення чутливості (до 20 % в зразках, опромінених при $T_{\text{опр}}=0 \text{ }^\circ\text{C}$, та 10 % при $T_{\text{опр}}=100 \text{ }^\circ\text{C}$), що свідчить про відпал радіаційних дефектів переважно акцепторного типу. До того ж у зразках, опромінених при 200 °C, відпал у всьому інтервалі температур від 30 °C до 250 °C не приводить до помітної зміни чутливості і лише при 300 °C спостерігається незначне (4 %) зростання чутливості. Тобто, можна стверджувати, що під дією опромінення високоенергетичними електронами в матеріалі n-InSb утворюються радіаційні дефекти як донорного, так і акцепторного типів, а температура їх відпалу буде залежати від температури опромінення матеріалу.

На основі одержаних результатів можна виділити декілька стадій відпалу утворених радіаційних дефектів в матеріалі n-InSb: 1– (30–150) °C, стадія відпалу точкових радіаційних дефектів донорного типу; 2 – (200–250) °C, стадія відпалу точкових радіаційних дефектів акцепторного типу; 3 – >250 °C, стадія відпалу складніших радіаційних дефектів, так званих розупорядкованих областей та кластерів дефектів.

При низькотемпературному опроміненні електронами ($T_{\text{опр}} = 0 \text{ }^\circ\text{C}$) переважна більшість точкових дефектів донорного типу анігілюється в n-InSb ще при кімнатних температурах, тому основний вплив на зміну електрофізичних параметрів матеріалу матимуть радіаційні дефекти акцепторного типу, відпал яких спостерігається при температурах >200 °C. Збільшення температури опромінення ($T_{\text{опр}}=100 \text{ }^\circ\text{C}$) приводить до зсуву температури відпалу точкових радіаційних дефектів в напівпровідниковому матеріалі до 150–200 °C. Тобто при опроміненні n-InSb електронами високих енергій ($E = 13 \text{ MeV}$) температура відпалу радіаційних дефектів залежить від температури опромінення та із її зростанням спостерігається зсув цієї стадії у бік вищих значень температур [8]. При температурі опромінення $T_{\text{опр}} = 200 \text{ }^\circ\text{C}$ відпал точкових радіаційних дефектів в напівпровідниковому матеріалі відбувається під час опромінення, а збільшення концентрації носіїв заряду в матеріалі зв'язано із виникненням в забороненій зоні InSb глибоких рівнів, які пов'язують із утворенням розупорядкованих областей, що характеризуються електронною провідністю [1, 8].

За тих самих умов опромінення для тонкоплівкових сенсорів на основі n-InAs (рис. 7) спостерігається зворотна залежність пов'язано із поведінкою зразків InSb: з ростом температури опромінення значення відносної зміни концентрації носіїв заряду зменшується ($\Delta n/n = 40\%$ при $T_{\text{опр}}=0 \text{ }^\circ\text{C}$, $\Delta n/n = 30 \%$ при $T_{\text{опр}}=100 \text{ }^\circ\text{C}$ та $\Delta n/n = 25 \%$ при $T_{\text{опр}}=200 \text{ }^\circ\text{C}$).

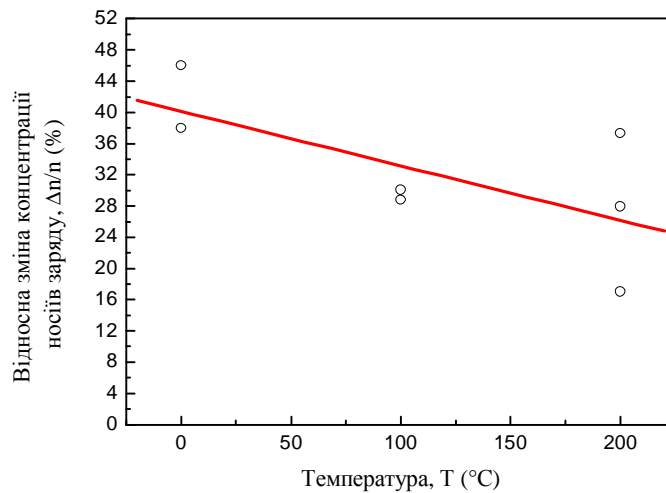


Рис. 7. Залежність відносної зміни концентрації носіїв заряду від температури опромінення для зразків n-InAs з $n_0 = 2 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$ ($\Phi = 5,0 \cdot 10^{17} \text{ ел} \cdot \text{см}^{-2}$)

Відомо, що зміна параметрів n-InAs під дією опромінення високоенергетичних електронів пов'язана із введенням в матеріал більшої кількості радіаційних дефектів донорного типу порівняно з кількістю радіаційних акцепторів та зміщенням рівня Фермі під дією опромінення в область дозволених енергій [7, 10].

Виконаний ізохронний відпал тонкоплівкових сенсорів на основі n-InAs, опромінені при різних температурах (0, 100 та 200 °C), показав (рис. 8), що зростання чутливості при температурі відпалу 100–150 °C спостерігається тільки для сенсорів після опромінення при $T_{\text{опр}} = 0 \text{ °C}$ та $T_{\text{опр}} = 100 \text{ °C}$. До того ж для сенсорів n-InAs, опромінені при $T_{\text{опр}} = 0 \text{ °C}$, зростання чутливості сенсора за рахунок відпалу точкових радіаційних дефектів донорного типу починається при температурі 100 °C і досягає 14 %. Для зразків, опромінені при $T_{\text{опр}} = 100 \text{ °C}$, зростання температури опромінення зумовлює зсув температури відпалу утворених радіаційних дефектів у бік вищих температур – $\geq 150 \text{ °C}$, а зростання чутливості в інтервалі температур 150–200 °C досягає лише 1 %, що свідчить про залежність кількості точкових радіаційних дефектів, утворених під дією електронного опромінення, від температури опромінення.

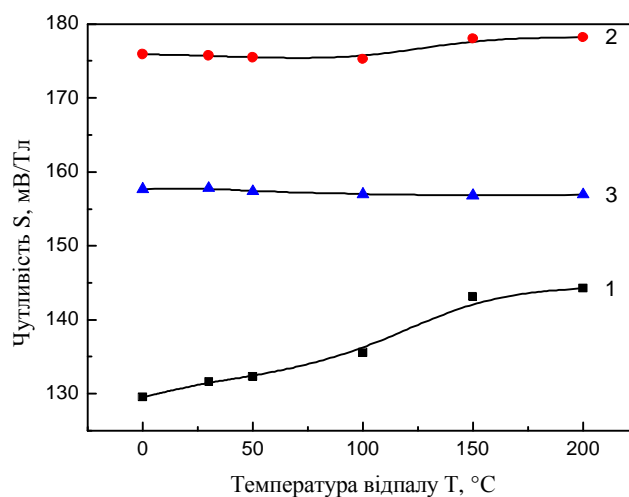


Рис. 8. Залежності чутливості тонкоплівкових сенсорів на основі n-InAs від температури ізохронного відпалу для зразків, опромінені при температурах: 1 – $T_{\text{опр}}=0 \text{ °C}$; 2 – $T_{\text{опр}}=100 \text{ °C}$ та 3 – $T_{\text{опр}}=200 \text{ °C}$. На осі ординат показані значення чутливості сенсорів після опромінення електронами до $\Phi=5 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$

Зміни чутливості сенсорів n-InAs після високотемпературного опромінення ($T_{\text{опр}} = 200 \text{ }^\circ\text{C}$) в діапазоні температур відпалу $50\text{--}150 \text{ }^\circ\text{C}$ не спостерігається. Можна зробити висновок, що зростання температури опромінення до $T_{\text{опр}} = 200 \text{ }^\circ\text{C}$ для сенсорів n-InAs приводить до відпалу точкових радіаційних дефектів під час опромінення, а зміна чутливості сенсорів пов'язується із утворенням в матеріалі під час високотемпературного опромінення кластерів радіаційних дефектів донорного типу [11], відпал яких починається при $T > 300 \text{ }^\circ\text{C}$.

До того ж варто зауважити, що для сенсорів на основі n-InAs зміна параметрів після опромінення електронами при низьких температурах з подальшим відпалом точкових радіаційних дефектів еквівалентна зміні параметрів сенсорів n-InAs після високотемпературного опромінення [12].

Висновки

Вплив температури опромінення високоенергетичними електронами на зміну параметрів сенсорів магнітного поля на основі гетероструктур n-InSb/i-GaAs та n-InAs/Al₂O₃ залежить від матеріалу та вихідної концентрації носіїв заряду.

При високотемпературному ($T_{\text{опр}} = 200 \text{ }^\circ\text{C}$) опроміненні високоенергетичними електронами відбувається відпал частини точкових радіаційних дефектів в опроміненіх зразках n-InSb та n-InAs, що істотно змінює їх поведінку порівняно із поведінкою матеріалів, опроміненіх при температурах, близьких до кімнатних.

У разі низькотемпературного опромінення ($0 \text{ }^\circ\text{C}$) для n-InSb характерним є зменшення концентрації носіїв заряду з одночасним зростанням чутливості сенсора. При температурі опромінення $200 \text{ }^\circ\text{C}$ в n-InSb одночасно із відпалом точкових радіаційних дефектів акцепторного типу відбувається утворення розупорядкованих областей, що характеризуються електронною провідністю, внаслідок чого спостерігається зростання концентрації носіїв заряду матеріалу та зменшення чутливості сенсора.

Для сенсорів на основі n-InAs зміна параметрів після опромінення електронами при низьких температурах з подальшим відпалом точкових радіаційних дефектів еквівалентна зміні параметрів сенсорів n-InAs після високотемпературного опромінення.

1. Витовский Н.А., Машовец Т.В., Оганесян О.В., Памбухчян Н.Х. Кинетика изменения концентрации носителей заряда в антимониде индия при облучении электронами с энергией носителей 50 МэВ // *Физика и техника полупроводников*. – 1978. – Т. 12, № 9. – С. 1861–1862. 2. Большакова И.А., Бойко В.М., Брудный В.Н., Каменская И.В., Колин Н.Г., Макидо Е.Ю., Московец Т.А., Меркурисов Д.И. Влияние нейтронного облучения на свойства нитевидных микрокристаллов n-InSb // *Физика и техника полупроводников*. – 2005. – Т. 39, № 7. – С. 814–819. 3. Bolshakova I.A., Brudnyi V.N., Kolin N.G., Kortsev P., Kost Ya., Kovaleva N., Makido O., Moscowets T., Shoorigin F. The behaviour of InSb under the irradiation with reactor neutrons // *Вісн. Нац. ун-ту “Львівська політехніка”*. – 2004. – № 510. – С. 56–61. 4. Колин Н.Г., Меркурисов Д.И., Соловьев С.П. Электрофизические свойства ядерно-легированного антимонида индия // *Физика и техника полупроводников*. – 1999. – Т. 33, № 7. – С. 774–777. 5. Бойко В.М., Бублик В.Т., Воронова М.И., Колин Н.Г., Меркурисов Д.И., Щербачев К.Д. Изменения структуры монокристаллов InSb после облучения нейтронами и термообработок // *Физика и техника полупроводников*. – 2006. – Т. 40, № 7. – С. 769–777. 6. Колин Н.Г., Освенский В.Б., Рытова Н.С., Юрова Е.С. Свойства ядерно-легированного арсенида индия // *Физика и техника полупроводников*. – 1986. – Т. 20, № 5. – С. 822–827. 7. Брудный В.Н., Гриняев С.Н., Колин Н.Г. Электронные свойства облученных полупроводников, модель закрепления уровня Ферми // *Физика и техника полупроводников*. – 2003. – Т. 37, № 5. – С. 557–564. 8. Скипетров Е.П., Дмитриев В.В., Заитов Ф.А., Кольцов Г.И., Ладыгин Е.А. Электрофизические свойства антимонида индия n-типа, облученного быстрыми электронами // *Физика и техника полупроводников*. – 1986. – Т. 20, № 10. – С. 1787–1790. 9. Брудный В.Н., Бойко В.М., Каменская И.В., Колин Н.Г. Электрофизические свойства и предельное положение уровня Ферми в InSb, облученном протонами // *Физика и техника*

полупроводников. – 2004. – Т. 38, № 7. – С. 802–807. 10. Брайловский Е.Ю., Гоер Д.Б., Гутич Ю.И., Мегела И.Г. Радиационное дефектообразование в кристаллах InAs при электронном облучении. – К., 1991. – 26 с. 11. Брудный В.Н., Гриняев С.Н., Колин Н.Г. Электрофизические и оптические свойства облучения электронами (2МэВ) InAs: энергетическая структура собственных точечных дефектов // Физика и техника полупроводников. – 2004 – Т. 38, вып. 4 – С. 409–418. 12. Вихлий Г.А., Карпенко А.Я., Литовченко П.Г., Мегела И.Г., Тараброва Л.И. Влияние условий облучения, типа и концентрации легирующих примесей на характеристики радиационных дефектов в антимониде индия при электронном облучении: Препр. КИЯИ-91-24 / АН Украины. Ин-т ядерных исследований. – К., 1991. – 39 с.

УДК 544.22.022.342; 535.34; 535.37

Я.А. Жидачевський

Національний університет “Львівська політехніка”,
лабораторія фізики оксидних кристалів,
Центр “Кристал”

ВПЛИВ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНИХ ВІДПАЛІВ В ОКИСНІЙ ТА ВІДНОВНІЙ АТМОСФЕРАХ НА ТЕРМОЛЮМІНЕСЦЕНТНІ ВЛАСТИВОСТІ КРИСТАЛІВ $YAlO_3:Mn$

О Жидачевський Я.А., 2008

Ya.A. Zhydachevskii

INFLUENCE OF THE OXIDIZING/REDUCING HIGH-TEMPERATURE TREATMENTS ON THE THERMOLUMINESCENCE PROPERTIES OF $YAlO_3:Mn$ CRYSTALS

О Zhydachevskii Ya.A., 2008

Досліджено вплив високотемпературних відпалів в окисній (повітря) та відновній (водень) атмосферах на термолюмінесцентні властивості іонів Mn^{2+} та Mn^{4+} в кристалі $YAlO_3$, легovanому оксидом MnO .

The work presents results on influence of the high-temperature annealing in the oxidizing (air) and reducing (hydrogen) atmospheres on the thermoluminescence properties of Mn^{2+} and Mn^{4+} ions in the MnO -doped $YAlO_3$ crystal.

Вступ

Монокристали ортоалюмінату ітрію ($YAlO_3$) є відомою матрицею сучасних твердотільних лазерів. Проте у 1998 р. американські вчені виявили низку нових цікавих властивостей, яких набувають кристали $YAlO_3$ внаслідок їх легування іонами марганцю. Зокрема було показано, що кристали $YAlO_3:Mn$ виявляють значний фотохромний та, можливо, фоторефрактивний ефекти і придатні для голографічного записування та збереження інформації [1–3]. Було показано, що голографічне записування інформації на кристалі $YAlO_3:Mn$ супроводжується фотохромним ефектом, в основі якого лежить фотоіонізація іонів Mn^{4+} ($Mn^{4+} \rightarrow Mn^{5+} + e^-$), що займають в кристалі октаедричні позиції іонів алюмінію [1, 2, 4].