

## ОТРИМАННЯ НАДГРАТОК *por-InP/mono-InP* ШЛЯХОМ ЕЛЕКТРОХІМІЧНОГО ТРАВЛІННЯ

Я.О. Сичікова

*Бердянський державний педагогічний університет  
Україна*

Надійшла до редакції 15.02.2011

В даній роботі продемонстровано можливість отримання надграток фосфіду індію, що складаються з шарів монокристалічного та поруватого матеріалу. Дослідження морфології даних структур дозволило зробити якісний аналіз процесу утворення *por-InP/mono-InP*. Принципово важливим результатом є утворення шарів по всій товщині кристалу.

**Ключові слова:** надгратки, морфологія, фосфід індію.

В данной работе продемонстрировано возможность получения сверхрешеток фосфида индия, которые состоят из слоев монокристаллического и пористого материала. Исследование морфологии данных структур позволило сделать качественный анализ процесса получения *por-InP/mono-InP*. Принципиально важным результатом является получение слоев по всей толщине кристалла.

**Ключевые слова:** сверхрешетки, морфология, фосфид индия.

In this paper the ability of obtaining InP superlattices, which are composed from layers of monocrystal porous substrate, was demonstrated. Investigation of the morphology of this structures allowed to make good analysis of the porous-InP/mono-InP obtain. Fundamentally important result is obtain of the InP superlattice through the entire thickness.

**Keywords:** superlattices, morphology indium phosphide.

### ВСТУП

На сьогодні вченими серйозно досліджується фосфід індію (InP), оскільки енергетичні параметри його монокристалів дуже близькі до параметрів монокристалічного кремнію і на основі його легко виготовляти прилади інтегральної оптоелектроніки сумісні з кремнієм, зокрема, резистивні оптопари.

Проте, вимоги сучасного виробництва спонукають дослідників шукати шляхи до збільшення ефективної площі напівпровідників при зменшенні розмірів структур. Реальним виходом з цього протиріччя постає створення на монокристалах поруватого шару, завдяки чому площа поверхні збільшується у сотні разів, до того ж поруваті напівпровідники набувають нових незвичайних властивостей у порівнянні зі своїми монокристалічними аналогами [1, 2]. В цьому напрямку вчені досягли значного прогресу, що виявляється в значній кількості робіт, опублікованих за останні роки. Ще один перспективний напрям – отримання надграток – твердотільних матеріалів із періодичною зміною шарів з різними властивостями вздовж одного напрямку. В області

фізики конденсованого стану надгратки стали об'єктом інтенсивного дослідження завдяки ефекту квантового конфайнменту, що робить їх потенціальними кандидатами на використання у різних електронних та оптичних приладах. Мікроскопічні дослідження таких систем є істотним кроком до розуміння їх властивостей на макроскопічному рівні та виготовленню на їх основі мікроелектронних пристроїв та їх компонентів.

В роботі [3] представлено спосіб отримання надграток фосфіду індію електрохімічним травлінням монокристалів в розчині, що містить HCl (200 ml), HNO<sub>3</sub> (3 ml), K<sub>2</sub>PtCl<sub>6</sub> (1 g). Травління проводили при осцилюючій напрузі. В результаті отримали надгратки, що представляли собою комбінацію поруватих шарів з різним діаметром пор.

Задачею даної роботи є визначення можливості отримання надграток фосфіду індію, що складаються з шарів поруватого та монокристалічного матеріалу. Такі надгратки можуть демонструвати принципово нові властивості завдяки абсолютно різним властивостям самих шарів.

## ТЕХНІКА ЕКСПЕРИМЕНТУ

Поставлена задача вирішується тим, що проводять обробку монокристала InP шляхом електрохімічного травління. Перед травлінням зразки проходили попередню обробку з метою отримання очищеної від забруднень поверхні. Зразки промивали в толуолі, метанолі та ізопропанолі. Для отримання шарів InP був вибраний метод електрохімічного травління в електроліті на основі HF. Концентрація компонентів розчину визначалася за такою формулою  $\text{HF}:\text{H}_2\text{O} = 1:1$ . Травління проводилося при кімнатній температурі в темряві. Експеримент відбувався при пульсуючій напрузі: травління при напрузі 5 В (1 хв), травління без напруги (просте хімічне травління) – 2 хв. Загальний час травління – близько 30 хв.

## РЕЗУЛЬТАТИ

В результаті травління утворилася надгратка, що представляє собою систему періодичних шарів InP –  $\text{por-InP}$  (рис. 1).

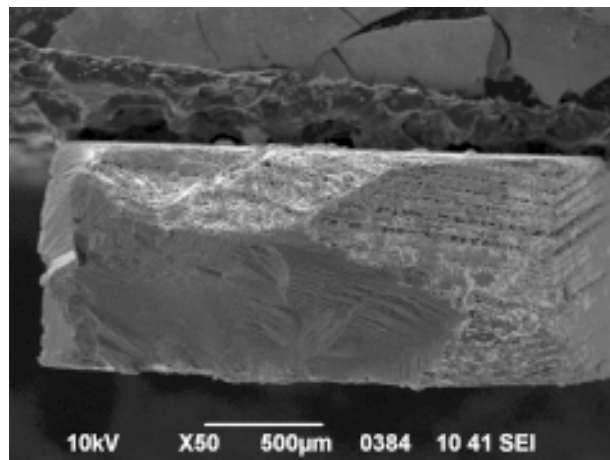


Рис. 1. Надгратка, що утворилася з усіх боків кристалу.

Товщина кожного поруватого шару складає приблизно 20 – 25 мкм, монокристалічного – 30 – 35 мкм. Слід зауважити таку цікаву властивість – надгратка утворилася по всій товщині зразка, при чому найбільш вираженою вона є на стороні, що повернута до платиного електроду. В цій області шари більш товсті та мають більш виражену структуру. Із зворотного боку шари більш тонкі. Порувата структура не так виражена. Найменш вираженими є шари, що розташовані всередині зразка. Така поведінка свідчить про те, що

травління відбувається і на зворотному боці пластини, тобто струм огинає пластину та підтравлює її з усіх боків. Рис. 2 демонструє шари надгратки.

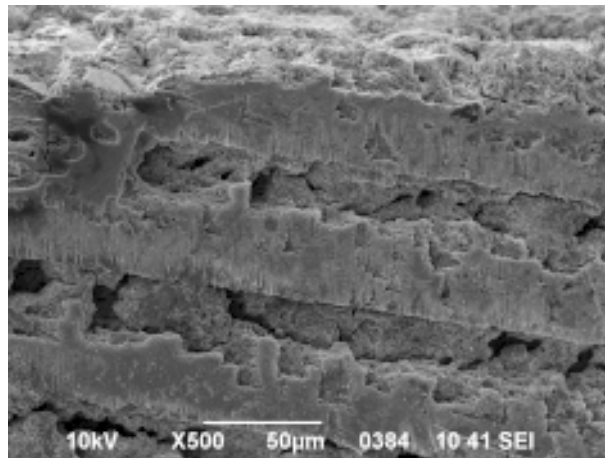


Рис. 2. СЕМ-зображення, що демонструє чергування монокристалічних та поруватих шарів фосфіду індію.

Верхнім шаром, що є очевидним, є поруватий. Він являє собою дуже розтравлену структуру. Це логічно, тому що поверхня кристалу під час травління найбільш активно взаємодіє з електролітом та, на відміну від внутрішніх шарів, постійно – від самого початку травління до його завершення. Поруваті шари не є впорядкованими. Пори мають велику об'ємну густину (до 80%), розмір – від декількох нанометрів до десятків мікронів.

Далі йде монокристалічний шар, який, проте, теж має пори, але цих отворів небагато, вони розташовані переважно на границі розділу двох шарів та мають впорядкований характер. Напрямок цих пор збігається з кристалографічною орієнтацією зразка, що дозволяє судити про напрям фронту травління. Утворення пор в монокристалічних шарах кристалу (нехай навіть й невеликої їх кількості) свідчить про те, що за відсутності напруги травління кристалу не припиняється. В цьому випадку електрохімічний процес має дещо відмінний характер – відбувається просування фронту травління вглиб зразка. Така поведінка не є тривіальною і свідчить про складні хімічні та електричні процеси, що відбуваються під час анодування фосфіду індію.

Послідовність періодичних шарів створює додатковий періодичний потенціал. За будь-яких просторових характеристик цих шарів

поява такого додаткового потенціалу зумовлює появу принципово нових корисних фізичних властивостей такої структури порівняно з властивостями її складових. Це може відобразитися на таких характеристиках, як теплопровідність, електропровідність, оптична анізотропія кристалу. В свою чергу це дозволяє розширити межі застосування напівпровідника та створення принципово нових пристроїв на основі нових матеріалів, якими являються надгратки.

## ВИСНОВКИ

В даній роботі продемонстровано можливість отримання надграток фосфіду індію, що складаються з шарів монокристалічного та поруватого матеріалу. Дослідження морфології даних структур дозволило зробити якісний аналіз процесу утворення *por-InP/mono-InP*. Принципово важливим результатом є утворення шарів по всій товщині кристалу. Отримані структури можуть знайти застосування в найрізноманітніших областях техніки – від сенсорів до оптичних приладів.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Simkiene I., Sabataityte J., Kindurys A., Treideris M. Formation of Porous n-A3B5 Compounds //Acta Physica Polonica A. – 2008. – Vol.113 (3). – P. 1085-1090.
2. Сычикова Я.А. Влияние состава электролита на величину порогового напряжения начала порообразования фосфида индия//ФИП. – 2010. – Т. 8, № 3. – С. 259-264.
3. Tsuchiya H., Hueppe M., Djenizian T., Schmuiki P. Electrochemical formation of porous superlattices on n-type (100) InP//Surface Science. – 2003. – Vol. 547. – P. 268-274.

## LITERATURA

1. Simkiene I., Sabataityte J., Kindurys A., Treideris M. Formation of Porous n-A3B5 Compounds //Acta Physica Polonica A. – 2008. – Vol.113 (3). – P. 1085-1090.
2. Sychikova Ya.A. Vliyanie sostava elektrolita na velichinu porogovogo napryazheniya nachala poroobrazovaniya fosfida indiya//FIP. – 2010. – Т. 8, № 3. – С. 259-264.
3. Tsuchiya H., Hueppe M., Djenizian T., Schmuiki P. Electrochemical formation of porous superlattices on n-type (100) InP//Surface Science. – 2003. – Vol. 547. – P. 268-274.