



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **81520** (13) **U**
(51) МПК (2013.01)
C30B 30/00

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки:	u 2012 06511	(72) Винахідник(и):	Сичікова Яна Олександрівна (UA)
(22) Дата подання заявки:	29.05.2012	(73) Власник(и):	БЕРДЯНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ,
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель:	10.07.2013		вул. Шмідта, 4, м. Бердянськ, Запорізька обл., 71100 (UA)
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	10.07.2013, Бюл.№ 13		

(54) СПОСІБ ОТРИМАННЯ НАНОРОЗМІРНИХ СТРУКТУР In/InP ПО ТИПУ КВАНТОВИХ ТОЧОК

(57) Реферат:

Спосіб отримання нанорозмірних структур In/InP по типу квантових точок включає проведення електрохімічного травлення обробкою монокристалу у розчині кислот.

UA 81520 U

Корисна модель належить до способів виготовлення низькорозмірних структур на поверхні монокристалічного фосфіду індію р-типу, а саме електрохімічного травлення з обробкою у магнітному полі, у результаті чого на поверхні InP формуються квантові точки In - низькорозмірні структури з просторовим обмеженням носіїв заряду в усіх трьох вимірах. Такі структури можуть знайти застосування при виготовленні сенсорів (так як їх чутливість залежить від площі поверхні), сонячних батарей (можливість накопичення рекордної кількості енергії).

Відомий спосіб отримання квантово-розмірних напівпровідникових структур (Патент РФ №2053582, МПК Н 01 1 21/203. Способ получения квантово-размерных полупроводниковых структур /Кадушкин В.И.; заявитель и патентообладатель Кадушкин В.И. - № 5058554/25; заявл. 12.08.1992; опубл. 27.01.1996), що включає вирощування легованих структур методом молекулярно-променевої епітаксії. Формування квантово-розмірних областей відбувається в процесі вирощування структур монохроматизацією та фокусуванням пучка атомів легуючої домішки з наступним направленням пучка атомів на дифракційний елемент, виділенням з дифрагованого пучка першого дифракційного максимуму та направлення його на поверхню. Цей спосіб дозволяє отримувати одномірні електронні канали з заданою шириною. Проте для формування нульмірних структур він є непридатним. До того ж, цей спосіб є дуже складним та економічно не вигідним.

В основу корисної моделі поставлено задачу вдосконалення способу отримання низькорозмірних структур фосфіду індію по типу квантових точок, а саме отримання структур In/InP. Доказом виникнення нульмірних структур може служити зображення поверхні, отримане за допомогою растрового електронного мікроскопу (модель JSM-6490), аналіз хімічного складу елементів методом EDAX.

Задача вирішується тим, що в способі отримання структур In/InP на поверхні пластин фосфіду індію використовують електрохімічне травлення при одночасній обробці в імпульсному магнітному полі. Перед експериментом зразки проходили попередню хімічну обробку для полірування поверхні в розчині бромоводневої кислоти. Після хімічної обробки пластини занурювалися в електрохімічну комірку з електролітом, склад якого визначається формулою $\text{HF}:\text{H}_2\text{O}:\text{HNO}_3=5:5:1$ та піддавалися впливу імпульсного магнітного поля. Вплив імпульсного магнітного поля здійснювався серією симетричних трикутних імпульсів амплітудою $B = 0,5 \text{ Т}$ з частотою $f=50 \text{ Гц}$. Імпульси магнітного поля формувалися розрядами батареї конденсаторів через низькоіндуктивний соленоїд. Обробка проводилася при кімнатній температурі в темряві. Напруга анодування мала сталу величину та вибиралася в діапазоні від 3 до 15 В. Загальний час експерименту - від 3 хв. до 1 години. Після експерименту зрізки просували в потоці азоту.

Основним фактором, що відповідає за чутливість кристалів A^3B^5 до імпульсного магнітного поля є наявність комплексів власних точкових дефектів, що здатні розпадатися під слабким магнітним впливом. Виникнення власних дефектів в кристалах фосфіду індію зумовлено, насамперед, вмістом надлишкової кількості вакансій летючого компоненту -фосфору.

На кресленні зображено морфологію поверхні обробленого кристалу InP. На поверхні кристалу чітко видно утворення кластерів, які розподілені більш-менш регулярно по всій поверхні кристалу. Розмір кластерів складає від 3 до 40 нм. Такі нанорозмірні структури у певному наближенні можна вважати квантовими точками, тому що наявні кластери обмежені по всім трьом координатам (нульмірні структури) та за таких малих розмірів виникають квантово-розмірні ефекти. У таблиці 1 наведено хімічний склад елементів на поверхні оброблюваного зразка, що було отримано методом EDAX. З аналізу таблиці видно, що поверхня кристалу майже не містить атомів кисню. Це говорить про те, що оксидна плівка не утворилася під час анодування та структура в цьому сенсі вважається якісною. Ділянки, вільні від нанокластерів (на фіг. відповідають т.1) складаються майже порівну з атомів індію та фосфору з незначним порушенням стехіометрії у бік надлишку фосфору. В той самий час, кластери (точки 2, 3, 4) майже повністю складаються з атомів індію. З цього приводу можна зробити припущення, що утворення структур відбувалося за наступним механізмом. Під час травлення під дією магнітного поля атому індію "стікаються" один до одного, утворюючи кластери індію. Слід врахувати той фактор, що високу чутливість до дії поля проявляють приповерхневі шари напівпровідника. При цьому значно змінюються сорбційні властивості поверхні. Очевидно, що зміна фазового, структурного та термодинамічного стану поверхні кристалів в результаті дії магнітного поля може суттєво впливати на реакційну властивість, кінетику твердофазних процесів за їх участю. Основним фактором, що є відповідальним до чутливості кристалів A^3B^5 до імпульсної магнітної обробки, є наявність комплексів власних точкових дефектів, що здатні розпадатися під слабкою магнітною дією. Утворення власних дефектів в кристалах фосфіду індію обумовлено, насамперед, складом надлишкової кількості вакансій летючого компоненту - фосфору, що здатні до формування комплексів з антиструктурними дефектами InP. ІМП-

індуційований розпад цих дефектних комплексів в глибині кристалу супроводжується появою рухливих вакансій фосфору, що дифундують з об'єму кристалу до поверхні, як природничому стоку для точкових дефектів. Дифузія вакансій фосфору до поверхні еквівалентна "залікуванню" їх в об'ємі кристалу, що дифундують назустріч своїм вакансіям з поверхні. Ухід атомів фосфору вглиб кристалу призводить до збагачення приповерхневого шару другим компонентом - індієм.

Наслідком цього є зміна топології поверхні, збільшення кількості структурних дефектів в приповерхневих шарах та її активація, що призводить до утворення кластерів індію на поверхні кристалу.

Таким чином, результати дослідження свідчать про те, що вплив слабого імпульсного поля під час анодування призводить до збільшення хімічної активності кристалу та спонукає утворення кластерів індію на поверхні кристалу по типу квантових точок. Такий ефект може бути використаним для вдосконалення технологічних процесів низькорозмірних структур високої якості на поверхні напівпровідникових кристалів.

Таблиця 1

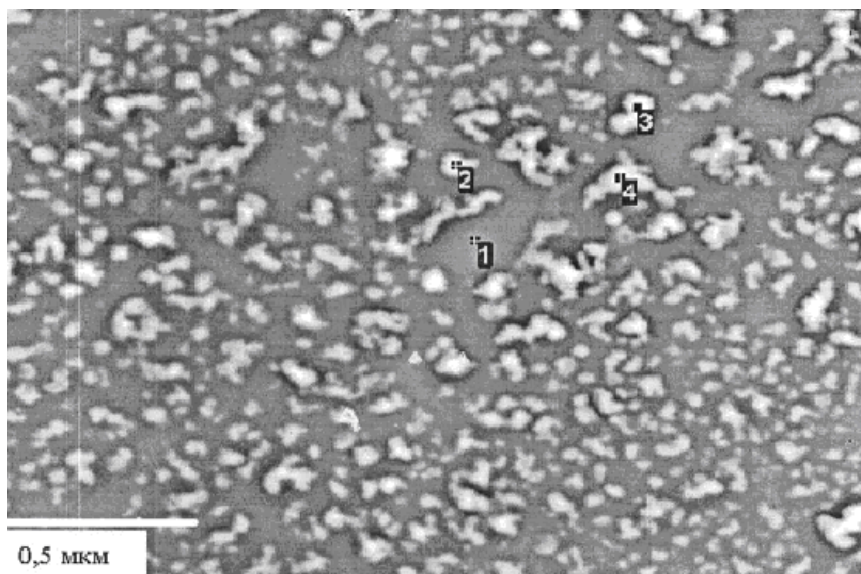
Хімічний склад елементів на поверхні структури (в атомних одиницях, %)

	P	Ir	O
1	58,7	40,1	1,8
2	1,9	98	0,1
3	9	91	0
4	12,7	87	0,3

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

1. Спосіб отримання нанорозмірних структур In/InP по типу квантових точок In/InP на поверхні монокристалічного фосфіду індію методом електрохімічного травлення, який **відрізняється** тим, що травлення проводять обробкою монокристалу InP у розчині кислот у відношенні $\text{HF}:\text{H}_2\text{O}:\text{HNO}_3 = 5:5:1$ при постійній напрузі від 3 до 15 В протягом часу від 3 хв. до 1 години.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що травлення проводять при впливі імпульсного магнітного поля, здійснювалося серією симетричних трикутних імпульсів амплітудою $B = 0,5\text{Т}$ з частотою $f = 50\text{ Гц}$.



Комп'ютерна верстка Л. Литвиненко

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601