



МІНІСТЕРСТВО  
ЕКОНОМІЧНОГО  
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **133714** (13) **U**  
(51) МПК (2019.01)  
H01L 21/00

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

<b>(21)</b> Номер заявки: <b>u 2018 09148</b>	<b>(72)</b> Винахідник(и): <b>Кідалов Валерій Віталійович (UA), Дяденчук Альона Федорівна (UA)</b>
<b>(22)</b> Дата подання заявки: <b>05.09.2018</b>	<b>(73)</b> Власник(и): <b>БЕРДЯНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Шмідта, 4, м. Бердянськ, 71100 (UA)</b>
<b>(24)</b> Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>25.04.2019</b>	
<b>(46)</b> Публікація відомостей про видачу патенту: <b>25.04.2019, Бюл.№ 8</b>	

**(54) СПОСІБ ОТРИМАННЯ НИЗЬКОРОЗМІРНИХ СТРУКТУР GaN НА ПОВЕРХНІ ПОРУВАТОГО GaAs МЕТОДОМ НІТРИДИЗАЦІЇ**

**(57) Реферат:**

Спосіб отримання низькорозмірних структур GaN включає використання аміаку як джерела активного азоту. Як підкладки для вирощування GaN використовують поруваті зразки GaAs, відпал у потоці азоту відбувається при температурі 820-1020 К, час відпалу становить від 40 до 60 хв, робочий тиск у реакторі -  $10^{-2}$ - $10^{-1}$  бар.

**UA 133714 U**



Корисна модель належить до способів виготовлення низькорозмірних структур GaN на поверхні поруватого GaAs, а саме електрохімічного травлення GaAs з подальшою обробкою в атомарному азоті, у результаті чого на поверхні GaAs формуються квантові цятки GaN. Такі структури можуть знайти застосування при виготовленні сенсорів, ефективних джерел випромінювання, в області виробництва високопродуктивних сонячних батарей, світловипромінюючих і фотодіодів, фотодетекторів і навіть одноелектронних транзисторів.

Можливість отримання арсеніду галію з кластерами миш'яку при відпалі його поруватих шарів, одержаних методом електрохімічного травлення, показана в роботі [Ю.Н. Бузынин. Пористий арсенід галлія з кластерами мышьяка /Ю.Н. Бузынин, С.А. Гусев, Ю.Н. Дроздов, А.В. Мурель // Журнал технической физики. - 2000. - 70 (5). - с. 128-129]. Встановлено, що кластери зосереджені у перегородках поруватого шару, їх розмір складає 1-10 нм, а щільність досягає значення  $4 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$ . Відпал відбувається в температурному інтервалі 400-600° С

Дослідження фотолюмінесцентних властивостей квантових цяток проведені в роботі [А.Ф. Цацульников. Фотолюмінесценция квантовых точек InSb в матрицах GaAs и GaSb /А.Ф. Цацульников, Н.Н. Леденцов, М.В. Максимов, Б.Я. Мельцер, П.В. Неклюдов, С.В. Шапошников, Б.В. Воловик, И.Л. Крестников, А.В. Сахаров, Н.А. Берт, П.С. Копьев, Д. Бимбсрг, Ж.И. Алферов // Физика и техника полупроводников. - 1997. - 31 (1). - с. 68-71]. Проте досліджуються квантові цятки, що утворюються при осадженні тонкого шару InSb (1-3 моношари) на поверхні GaAs (100) і GaSb(100).

Найбільш близьким аналогом є вивчення зміщення спектрів фотолюмінесценції самоорганізованих GaN квантових цяток, вбудованих в матрицю AlN [D.D. Ree. Photoluminescence of GaN quantum dots in AlN matrix / D.D. Ree, V.G. Mansurov, K.S. Zhuravlev // Microelectronic Engineering. - 2005. - 81-P. 251-254].

В основу корисної моделі поставлено задачу вдосконалення способу досліджень спектра фотолюмінесценції квантових цяток GaN отриманих відпалом поруватих шарів GaAs в атомарному азоті.

Поруватий GaAs одержували шляхом електрохімічної обробки монокристалічного GaAs (001), що є анодом. Як електроліт використовували суміші плавикової, соляної і азотної кислот. Для експериментів як анод були використані зразки GaAs n-типу провідності з полірованою поверхнею, як катод - платина, які розміщуються паралельно один одному. Сам процес травлення здійснювався в електрохімічній комірці. В процесі експериментів змінювалися наступні параметри: час дії, початкова сила струму, концентрація кислот.

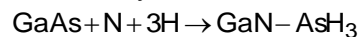
Пороутворення в GaAs відбувалося при травленні у водному розчині плавикової кислоти протягом часового проміжку від 10 до 30 хвилин, при вказаних складах і концентраціях компонентів електролітів щільності струмів варіювали в діапазоні від 8 до 400 мА/см<sup>2</sup>. Експеримент проводився при кімнатній температурі.

Процес травлення проводився у декілька етапів:

1. поліровка поверхні, знежирення;
2. безпосередньо сам процес електрохімічного травлення;
3. очищення поверхні від продуктів травлення.

Нітридизація поруватого GaAs проводилась за наступними параметрами - час відпалу від 40 до 60 хв, температура відпалу 820-1020 К, робочий тиск у реакторі -  $10^{-2}$ - $10^{-1}$  бар.

Процес нітридизації (для отримання тонких шарів GaN) проводився в розряді N<sub>2</sub>+H<sub>2</sub> (2 % H<sub>2</sub>). Водень пов'язує миш'як в AsH<sub>3</sub> і останній адсорбується з поверхні відповідно до реакції



При температурі 77 К використовувався азотний лазер ИЛГИ-503 с довжиною хвилі 337.1 нм та довжиною імпульсу 10 нс для збудження фотолюмінесценції. За допомогою монохроматора МДР-12 було проаналізовано отримані спектри.

Фіг. 1. демонструє утворення квантових цяток GaN на поверхні поруватого GaAs (111), отриманих після відпалу в атомарному азоті.

Спостережені спектри фотолюмінесценції квантових цяток на поверхні GaN характеризуються зміщенням основної смуги фотолюмінесценції в короткохвильову область спектру, яке можна пояснити за допомогою квантово-розмірного ефекту (електронно-оптичні властивості квантово-розмірних структур залежать від розміру кристала в напрямку, за яким обмежено рух носіїв заряду), а зміну енергії переходу можна розрахувати за формулою:

$$\Delta E = \frac{\pi^2 \hbar^2}{2d^2} \left( \frac{1}{m_e} + \frac{1}{m_h} \right)$$

Енергія високоенергетичних квантових переходів, що зумовлена обмеженням розмірів квантових об'єктів, може бути представлена як функція діаметру нанооб'єктів d:

$$\hbar\omega = E_g + \frac{\hbar^2\pi^2}{2R^2} \left[ \frac{1}{m_e} + \frac{1}{m_h} \right] - \frac{1,786e^2}{\epsilon_1 R},$$

де другий доданок відповідає за енергію електрона і дірки, поміщених в потенційну яму, третій доданок враховує їх кулонівську взаємодію між собою.

5 Підставивши отримані дані в рівняння отримаємо при  $d=20-30$  нм значення енергії  $\Delta E = 3,6\text{eV}$  ( $\lambda = 345\text{nm}$ ), а зміщення спектру становитиме 23 нм. Ці результати демонструє спектр фотолюмінесценції квантових цяток GaN, зображений на Фіг. 2.

10 Таким чином, результати дослідження свідчать про те, що на поверхні поруватого GaAs формуються квантові цятки GaN. Зміщення спектрів фотолюмінесценції квантових цяток GaN отриманих відпалом поруватих шарів GaAs в атомарному азоті пояснюється за допомогою квантово-розмірного ефекту.

Перелік фігур креслення:

Фіг. 1. СЕМ-зображення квантових цяток GaN на поверхні поруватих шарів GaAs (111), отриманих після відпалу в атомарному азоті (вкладка -хімічний склад квантових цяток, отриманий за допомогою EDAX методу).

15 Фіг. 2. Спектр фотолюмінесценції квантових цяток GaN.

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

20 Спосіб отримання низькорозмірних структур GaN, що включає використання аміаку як джерела активного азоту, який **відрізняється** тим, що як підкладки для вирощування GaN використовують поруваті зразки GaAs, відпал у потоці азоту відбувається при температурі 820-1020 K, час відпалу становить від 40 до 60 хв, робочий тиск у реакторі -  $10^{-2}$ - $10^{-1}$  бар.

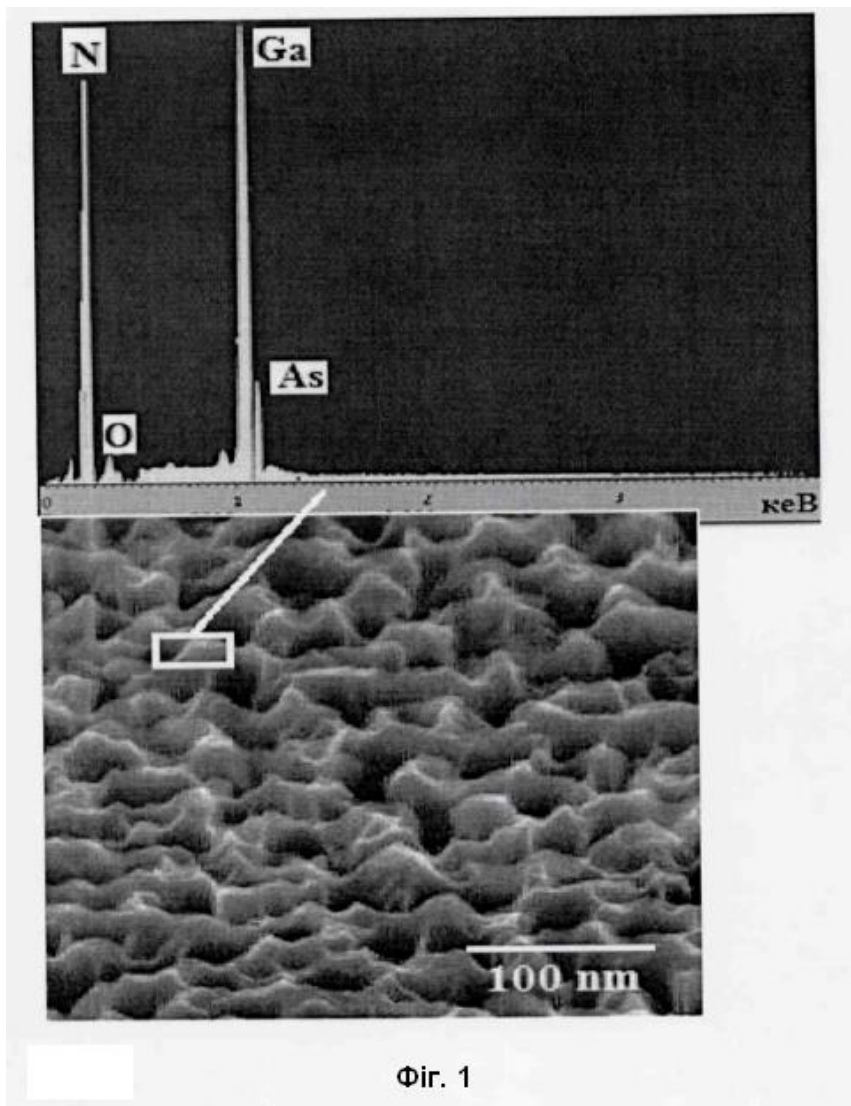
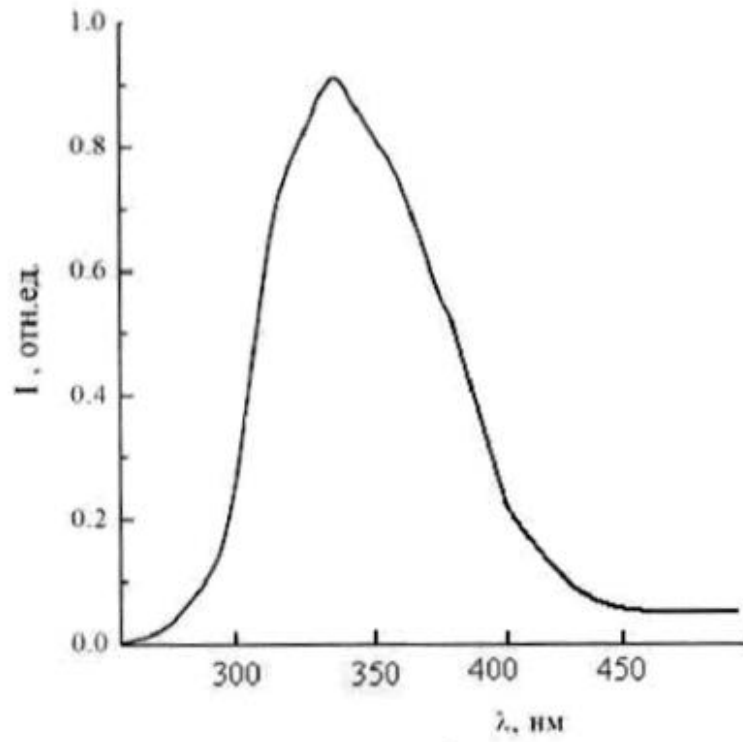


Fig. 1



Фіг. 2

---

Комп'ютерна верстка Л. Бурлак

---

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

---

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