



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **141350** (13) **U**  
(51) МПК (2020.01)  
H01L 21/00

МІНІСТЕРСТВО РОЗВИТКУ  
ЕКОНОМІКИ, ТОРГІВЛІ ТА  
СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА  
УКРАЇНИ

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

<p>(21) Номер заявки: <b>u 2019 07708</b></p> <p>(22) Дата подання заявки: <b>08.07.2019</b></p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>10.04.2020</b></p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>10.04.2020, Бюл.№ 7</b></p>	<p>(72) Винахідник(и): <b>Рогозін Ігор Вікторович (UA), Кідалов Валерій Віталійович (UA), Дяденчук Альона Федорівна (UA)</b></p> <p>(73) Власник(и): <b>БЕРДЯНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Шмідта, 4, м. Бердянськ, 71100 (UA)</b></p>
---	--

**(54) СПОСІБ ВИГОТОВЛЕННЯ ШАРІВ GaN ШЛЯХОМ ІОННОЇ ІМПЛАНТАЦІЇ ПІДКЛАДКИ GaAs**

**(57) Реферат:**

Спосіб виготовлення шарів на підкладках GaN включає попередню імплантацію підкладки GaAs іонами N<sup>+</sup> з енергією 50-200 кеВ, дозою 10<sup>14</sup>-10<sup>15</sup> см<sup>-2</sup> та подальший відпал отриманих зразків у радикалах (атомах) азоту (метод радикало-променевої гетеруючої епітаксії) в інтервалі температур 770-970 К.

**UA 141350 U**

UA 141350 U

Корисна модель належить до способів виготовлення тонких шарів GaN на підкладках GaAs, попередньо імплантованих іонами азоту, із застосуванням оригінального методу радикало-променевої гетеруючої епітаксії. Такі структури відіграють важливу роль при виготовленні високоефективних ультрафіолетових лазерних і світловипромінюючих діодів, а також приладів чисто електронного призначення.

Найкращим методом для отримання плівок GaN високої якості є гомоепітаксія на підкладках монокристалів GaN, проте отримання об'ємних монокристалів GaN значної площі до теперішнього часу є складною технологічною проблемою. Тому в даний час плівки GaN вирощуються на так званих квазіпідкладках - GaAs, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiC та інші матеріали.

У роботі [Kensaku Motoki. Preparation of Large Freestanding GaN Substrates by Hydride Vapor Phase Epitaxy Using GaAs as a Starting Substrate/ Kensaku Motoki, Takuji Okahisa, Naoki Matsumoto, et al.// Japanese Journal of Applied Physics-2001. - V. 40, P. 2, N. 2B] відокремлена підкладка GaN розміром більше 2 дюймів була успішно підготовлена методом парової фазової епітаксії гідриду (HVPE) з використанням GaAs як вихідного субстрату. В експерименті використовувалася підкладка GaAs (111) з малюнком маски SiO<sub>2</sub> на її поверхні. Товстий шар GaN вирощувався на підкладці GaAs при 1030 °C через отвори в масці SiO<sub>2</sub>.

Авторами роботи [Bockowski M. High Pressure Direct Synthesis of III-V Nitrides// Physica B. - 1999. - V. 265. - P. 1-5] наведено результати прямого синтезу AlN, GaN і InN при високому тиску. Показано, що кінетичний бар'єр для синтезу InN є дуже високим, перешкоджаючи прямому синтезу даного з'єднання. Цей бар'єр є більш низьким для GaN, що дозволяє вирощувати кристали GaN з розчину атомного азоту в рідкому галії. Однак в цьому випадку гостро стоїть проблема буферного шару між підкладкою і шаром GaN, за який зазвичай використовується тонкий шар GaN або AlN.

Аналогом корисної моделі є [Erick Gastelloua. Influence of the GaAs crystals diffusion in the shift towards low energies in the photoluminescence emission band of the GaN/GaNbuffer/GaAs structure/ Erick Gastellou, Crisoforo Morales, Godofredo Garcia, et al.// Optical Materials. - 2019. - V. 88. - P. 277-281]. У роботі буферні шари GaN були отримані шляхом азотування підкладок GaAs, а верхні шари GaN були вирощені методом MOCVD для отримання структури GaN/GaNbuffer/GaAs. Однак дифузія кристалів GaAs у верхньому шарі GaN з буферного шару спостерігалася лише, коли температура росту досягає температури 900 °C

В основу корисної моделі поставлено задачу вдосконалення способу виготовлення плівок GaN на підкладках GaAs із застосуванням методу радикало-променевої гетеруючої епітаксії.

Поставлена задача вирішується тим, що підкладки GaAs перед відпалом у радикалах (атомах) азоту попередньо імплантовано іонами N<sup>+</sup> з енергією 50-200 кеВ, дозою 10<sup>14</sup>-10<sup>15</sup> см<sup>-2</sup>.

Як підкладки використано монокристали n-GaAs з концентрацією носіїв ~10<sup>18</sup> см<sup>-3</sup>, орієнтовані в площині (111). Плівки GaN отримували шляхом відпалу підкладки GaAs в радикалах (атомах) азоту, при якому відбувається нарощування нових шарів на кристалічній матриці, причому один з компонентів (азот) виходить з газової фази, а атоми Ga гетеруються з об'єму кристала у вирощений шар. Атомарний азот отримано в ВЧ-розряді з частотою 40 МГц при тиску молекулярного азоту 0,1-10 Па і потужності розряду 100 Вт. Для запобігання розпиленню поверхні підкладки іонною компонентою плазми азоту здійснювали сепарацію із застосуванням магнітного фільтра. Потік атомарного азоту поблизу поверхні підкладки становив ~10<sup>16</sup>-10<sup>17</sup> см<sup>-3</sup>; температура відпалу - 570-770 °C.

На кресленні представлені профілі розподілу Ga, As, N за глибиною структури. Видно, що склад плівки характеризується приблизно рівним співвідношенням азоту і галію. Спостерігається різка межа розділу між епітаксійною плівкою і підкладкою. При товщині плівки ≈0,1 мкм ширина перехідного шару становить 80 Å. У разі росту шарів GaN на неімплантовані підкладки GaAs за тих самих умов перехідний шар більш широкий; спостерігається значна взаємодифузія компонентів плівки і підкладки. Зміна дози імплантації не впливає на величину перехідної області.

Як видно з профілограм, перехідний шар являє собою твердий розчин GaAs<sub>1-x</sub>N<sub>x</sub>, де x змінюється від 1 до 0. Приповерхневий шар підкладки GaAs збіднений атомами галію, що підтверджує квазіепітаксійний механізм росту шарів GaN. Різкий спад As до поверхні підкладки свідчить про те, що при використуваних температурах відпалу As інтенсивно випаровується з приповерхневого шару і зростаючої GaN. Атоми Ga витягуються з приповерхневого шару підкладки і вступають в реакцію з атомарним азотом, утворюючи з'єднання GaN.

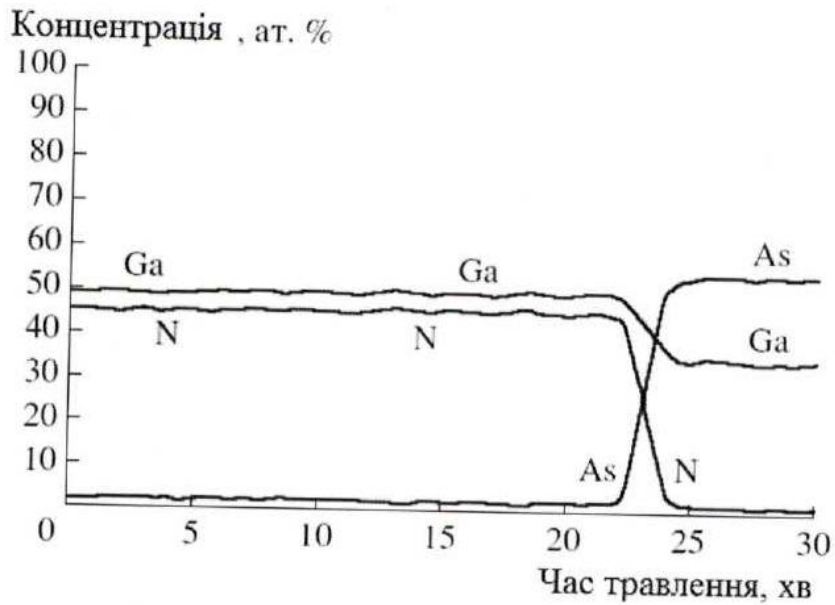
Таким чином, попередня імплантація підкладки GaAs дозволяє на початкових стадіях квазіепітаксії забезпечити ріст в умовах збагачення галієм за рахунок радіаційно-стимульованої дифузії галію. Крім того, імплантована підкладка має великий ступінь мікроросткості поверхні і відповідно збільшену щільність присутніх на ній елементарних ступенів. Це формує суцільний

квазіепітаксійний шар GaN вже на початкових стадіях росту і перешкоджає спонтанну появу зародків кубічної фази. Відмінною особливістю отриманих результатів є те, що в даному випадку не спостерігається одночасно присутність кубічної і гексагональної фаз GaN.

- Корисна модель пояснюється кресленням, на якому представлено
- 5 концентраційні профілі структур GaN/GaAs, отриманих відпалом в потоці атомарного азоту на підкладках GaAs, попередньо імплантованих N<sup>+</sup>.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

- 10 Спосіб виготовлення шарів на підкладках GaN, який включає попередню імплантацію підкладки GaAs іонами N<sup>+</sup> з енергією 50-200 кеВ, дозою  $10^{140}-10^{15}$  см<sup>-2</sup> та подальший відпал отриманих зразків у радикалах (атомах) азоту (метод радикало-променевої гетеруючої епітаксії) в інтервалі температур 770-970 К.




---

Комп'ютерна верстка О. Гергіль

---

Міністерство розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України,  
вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

---

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