

В.В.Кідалов¹, А.С. Ревенко¹, Г.О.Сукач², А.Б.Богословська³, Ю.І.Яценко¹

Властивості структур GaNAs та GaN, отриманих нітридизацією поруватих підкладок GaAs

¹Бердянський державний педагогічний університет,
вул. Шмідта, 4, м. Бердянськ, 71100, Україна

²Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій,
Солом'янська, 7, 03110, Київ, Україна

³Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є.Лашкарьова НАН України,
Пр. Науки, 45, Солом'янська, 7, 03028, Київ, Україна

У статті представлено результати експериментальних досліджень люмінесцентних властивостей тонких плівок потрійних сполук $\text{GaN}_x\text{As}_{1-x}$, отриманих шляхом нітридизації поруватих підкладок GaAs. Визначено можливість керування концентрацією миш'яку та азоту у сполуці GaNAs завдяки оптимізації технологічних параметрів його відпалу у збуджених атомах азоту. Отримані результати є цікавими у аспекті використання підкладки GaAs кристалографічної орієнтації (111) для подальшого формування бінарної сполуки GaN кубічної модифікації. Показано можливість зміни енергетичного положення близькокрайової смуги люмінесценції сполуки $\text{GaN}_x\text{As}_{1-x}$ від 2.63 eV до 2.44 eV при зміні величини концентрації миш'яку від 1 до 10%. Визначено залежність типу кристалічної ґратки плівок GaN від ступеню поруватості підкладки $\text{rog-GaAs/GaAs}(111)$. Показано, що використання підкладок GaAs із величиною поруватості 30% сприяє отриманню плівок GaN кубічної модифікації. Наявність характерного піку 3.42 eV пов'язується із присутністю кристалітів гексагональної модифікації GaN у матриці кубічного GaN.

Ключові слова: кубічний GaN, GaNAs, поруватий GaAs, нітридизація.

Стаття постуила до редакції 10.11.2007; прийнята до друку 15.02.2008.

Вступ

Потрійні напівпровідникові сполуки $\text{GaN}_x\text{As}_{1-x}$ викликають останнім часом значний інтерес внаслідок сильної залежності ширини їхньої забороненої зони від співвідношення компонент п'ятої групи (концентрацій азоту та миш'яку), а отож і можливості створення на їх основі світловипромінюючих оптоелектронних приладів із широким робочим діапазоном випромінювання. У роботі [1] визначено, що присутність у сполуці GaN миш'яку у кількості 4 % зумовлює зменшення ширини її забороненої зони до величини 1.7 eV. У більш пізній роботі [2] наведено теоретичні розрахунки щодо зменшення ширини забороненої зони GaN на величину порядку і навіть більшу, ніж 150 меВ на кожний 1% концентрації збільшення включень GaAs в матриці GaN.

Подібні характеристики сполук $\text{GaN}_x\text{As}_{1-x}$ обумовлюють великий потенціал їх використання у сучасній галузі виробництва приладів з діапазоном випромінювання практично від інфрачервоної до ультрафіолетової області спектру. Зазначені особливості структур $\text{GaN}_x\text{As}_{1-x}$ обумовлюють значні перспективи їх застосування у виробництві

кольорових дисплеїв, пристроїв збереження та накопичення даних (фіолетовий та ультрафіолетовий діапазони), а також важливі для використання у системах бездротової та інтегрально-оптичної передачі інформації в сучасній галузі телекомунікацій тощо.

У роботі [3] представлено результати дослідження спектрів фотолюмінесценції (ФЛ) шарів GaN, легованих миш'яком. У спектрах ФЛ було зареєстровано смугу із максимумом енергії 2.5 eV, що було пов'язано із рекомбінаційними процесами у локальних областях GaN:As. Смуга при енергії 2.6 eV у спектрах ФЛ зразків GaN:As спостерігалась також у роботі [4]. Природа смуги ФЛ із максимумом енергії при 2.6 eV пов'язувалась із оптичними переходами у сполуці GaNAs за участю донорів As із зарядом +2.

У роботі [5] представлені цікаві результати досліджень люмінесценції шарів нітриду галію, легованого миш'яком, де визначено специфічні ефекти у спектрах ФЛ таких структур внаслідок формування кристалітів GaAs у матриці GaN. Плівки GaN:As були вирощені методом молекулярно-променевої епітаксії на підкладках сапфіру. За результатами аналізу інтенсивності піків рентгеноструктурних досліджень було визначено

об'ємну долю кристалітів GaAs – до 0.03 %. У спектрах ФЛ спостерігалися смуги із максимумами енергії при 1.43 та 1.2 еВ, що було обумовлено саме вкладом кристалітів GaAs, які зосереджені у плівках GaN.

Схожі результати вивчення люмінесцентних властивостей структур GaNAs представлені у роботі [6]. У низькотемпературних спектрах ФЛ таких потрійних сполук спостерігались як смуга фундаментального (зона-зонного) випромінювання GaAs (1.5 еВ), так і смуга із максимумом енергії поблизу 1.27 еВ, яку було пов'язано із випромінюванням кристалітів GaN кубічної модифікації, легованих миш'яком.

У роботі [7] представлено результати дослідження впливу автолегування плівок GaN, отриманих на підкладках GaAs, атомами миш'яку. Було визначено суміш як гексагональної, так і кубічної фаз у нітридній бінарній сполуці GaN. У спектрах ФЛ при 77 К було зареєстровано смугу із максимумом енергії при 3.42 еВ (362 нм), яка може бути зумовлена наявністю у кубічній модифікації GaN включень кристалітів GaN гексагональної модифікації; подібне явище спостерігалось також у роботі [8].

Таким чином, контроль молекулярного складу потрійних сполук $\text{GaN}_x\text{As}_{1-x}$ (величини параметру x , чи $(1-x)$) – задача несумнівно актуальна та своєчасна. Крім того, перспектива регулювання співвідношення компонентів сполук GaAs та GaN у плівках $\text{GaN}_x\text{As}_{1-x}$ (або параметра x у цій потрійній сполуці) зумовлює унікальну можливість отримання напівпровідникових структур із висококогерентним випромінюванням, що ефективно перестроюється та використовується у лазерних діодах, які потенційно можуть охоплювати широкий спектральний діапазон – від ближнього інфрачервоного до ультрафіолетового.

Нітридизація підкладок GaAs є перспективним засобом отримання потрійних сполук $\text{GaN}_x\text{As}_{1-x}$ з можливістю високоточного контролю концентрації миш'яку та азоту (величини параметра x чи $(1-x)$). Відпал підкладок GaAs у збуджених атомах азоту (радикалах азоту) призводить до конвертації поверхневих шарів GaAs у тонкі гетероепітаксійні плівки GaN [9-11]. Окрім того, запропонована для зменшення величини механічних напружень у плівках GaN методика використання поруватих підкладок GaAs при гетероепітаксії GaN [9,12,13] дозволяє у даному аспекті отримувати нанорозмірні одновимірні структури у плівках GaN внаслідок поруватості поверхні підкладки GaAs. В даній роботі ми представляємо результати дослідження фізичних властивостей плівок потрійної напівпровідникової сполуки $\text{GaN}_x\text{As}_{1-x}$, отриманої шляхом нітридизації поруватих підкладок GaAs за різними технологічними режимами.

I. Методика експерименту

Методика отримання поруватих підкладок GaAs

та їх наступної нітридизації детально описана в роботах [9, 13]. У роботі [14] представлено математична модель конвертації поверхневих шарів монокристалічних підкладок GaAs у тонкі гетероепітаксійні плівки GaN шляхом нітридизації. Визначено, що за певних умов нітридизації (за температур, менших 650 °C) та часу нітридизації близько 30 хв. не відбувається повної конвертації поверхневих шарів GaAs у плівки GaN, а формується саме потрійна сполука $\text{GaN}_x\text{As}_{1-x}$, молекулярне співвідношення між атомами миш'яку та азоту якої залежить від тиску атомарного азоту у технологічній камері, температури та часу нітридизації. Нами було проаналізовано два типи структур $\text{GaN}_x\text{As}_{1-x}$, що відрізняються концентрацією миш'яку (чи азоту) – структури типу **a** та **b**, які було отримані при температурі 700 та 650 °C відповідно. Час нітридизації складав 45 хв., тиск у реакційній камері – 10^{-1} мм рт.ст. Результати досліджень високороздільної рентгенівської дифрактометрії та електронної оже-спектроскопії дозволили визначити концентрацію миш'яку у зразку **a** на рівні 1%, а у зразку **b** на рівні 10% відповідно. Зазначимо, що визначена експериментально концентрація миш'яку знаходиться у добрій відповідності із теоретично розрахованими концентраційними профілями за математичною моделлю нітридизації, що представлена у роботі [14].

Дослідження спектрів високороздільної рентгенівської дифрактометрії дозволило визначити наявність кубічної модифікації потрійної сполуки $\text{GaN}_x\text{As}_{1-x}$, отриманої з допомогою таких низькотемпературних процесів нітридизації. На наш погляд, це обумовлено більш низькими тисками пару миш'яку за низьких температур нітридизації порівняно з більш високими температурними процесами, що обумовлюють отримання зразків GaN гексагональної модифікації. Ці два фактори нітридизації підкладок GaAs (низькі температури та тиски в технологічній камері) зумовлюють збереження кубічної структури підкладки при заміщенні атомів миш'яку атомами азоту при дифузії останніх у пористу структуру GaAs за механізмом kick-out. При подальшому підвищенні температури в реакційній камері починає проявлятися й поступово домінувати рефлекс відбиття, відповідальний за формування нітридних сполук гексагональної сингонії; причому процес проходить через рівнокількісне змішування кубічної й гексагональної фаз. Така ситуація дозволяє запропонувати механізм легкого управління кристалічною структурою отриманих плівок не тільки GaN, але й $\text{GaN}_x\text{As}_{1-x}$.

II. Результати досліджень спектрів фотолюмінесценції та їх обговорення.

Проаналізуємо спектри ФЛ отриманих потрійних сполук $\text{GaN}_x\text{As}_{1-x}$ (рис.1). Для збудження ФЛ використовувався азотний імпульсний лазер ЛПІ-21 з

довжиною хвилі випромінювання 337.1 нм та тривалістю імпульсу 10 нс. Спектри ФЛ вимірювались при температурі рідкого азоту. У спектрах ФЛ обох типів зразків спостерігалася типова смуга фундаментального випромінювання кубічної модифікації GaN із максимумом 3.27 еВ. Із рис.1 видно, що для спектрів ФЛ потрійних сполук $\text{GaN}_x\text{As}_{1-x}$ із величиною параметру $x=1\%$ інтенсивність близькокрайового випромінювання менша, а енергія випромінювання більша, ніж аналогічні показники для сполук із концентрацією миш'яку приблизно 10%. Принципової різниці у енергетичному положенні смуг випромінювання у спектрах ФЛ у високоенергетичному діапазоні (кубічної модифікації GaN) не спостерігалось, а для інтенсивності смуг мала місце ситуація протилежна ситуації для випромінювання потрійної сполуки $\text{GaN}_x\text{As}_{1-x}$.

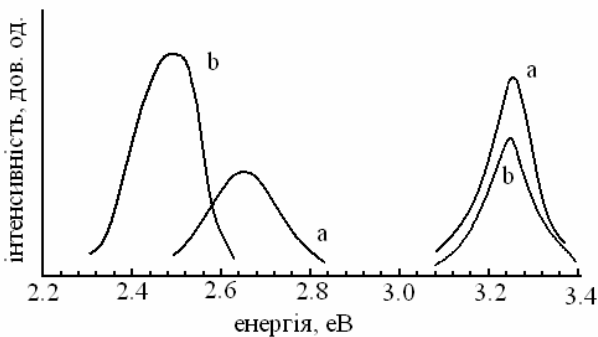


Рис. 1. Спектри ФЛ зразків $\text{GaN}_x\text{As}_{1-x}$ в матриці GaN із концентрацією миш'яку 1% (а) та 10% (b).

У видимому діапазоні спектра спостерігались смуги ФЛ із максимумами енергії при 2.63 еВ (зразок **a**) та 2.44 еВ (зразок **b**). Ці смуги випромінювання (з енергіями 2.63 та 2.44 еВ) з нашої точки зору обумовлені близькокрайовим (більш за все зоназонним) випромінюванням потрійної напівпровідникової сполуки $\text{GaN}_x\text{As}_{1-x}$ відповідного складу. Збільшення ширини смуги ФЛ зразків $\text{GaN}_x\text{As}_{1-x}$ в порівнянні з ідеальним випадком свідчить про те, що нестабільність потоку азоту є важливим фактором її уширення [15]. Суттєва ширина смуги ФЛ свідчить також про неоднорідний розподіл атомів миш'яку в шарах $\text{GaN}_x\text{As}_{1-x}$, тобто має місце флуктуація ширини забороненої зони отриманої потрійної сполуки, яка обумовлена можливим проявом таких небажаних ефектів, як сегрегація, фазова сепарація, незмішуваність розчинів, неоднорідність розподілу азоту в шарі та ефект розділення фаз, що, в свою чергу, є фактом значного розузгодження параметрів ґратки (біля 25%) GaAs та кубічного GaN при великому вмісті азоту.

Підтвердженням запропонованого нами факту служать результати робіт [3, 4], де для подібних структур були виміряні характерні смуги ФЛ із максимумами енергії поблизу 2.5-2.6 еВ. З рис. 1 видно, що при збільшенні концентрації миш'яку ширина забороненої зони потрійної сполуки

$\text{GaN}_x\text{As}_{1-x}$ зменшується, що було раніше теоретично передбачено у роботах [1, 2]. Однак, це концентраційне зменшення ширини забороненої зони має на порядок меншу швидкість ніж для сполук $\text{GaN}_x\text{As}_{1-x}$, отриманих в роботах [1, 2]. Така ситуація, з нашої точки зору, обумовлена перш за все відмінністю кристалічних структур потрійної сполуки $\text{GaN}_x\text{As}_{1-x}$, отриманої в роботах [1, 2] та в нашій роботі.

Розглянемо далі вплив ступеню поруватості підкладки GaAs на хімічний склад та фізичні властивості плівок GaN. Друга партія зразків була виготовлена нами при більш високій температурі відпалу (750 °C) та більших часах нітридизації поруватих підкладок GaAs, отриманих на основі анодування монокристалічного GaAs з кристалографічною орієнтацією (111). Параметр поруватості підкладок складав 15, 30 та 40% відповідно (зразки **c**, **d** та **e** відповідно). Спектри ФЛ (при 77 К) отриманих таким чином плівок GaN представлені на рис. 2.

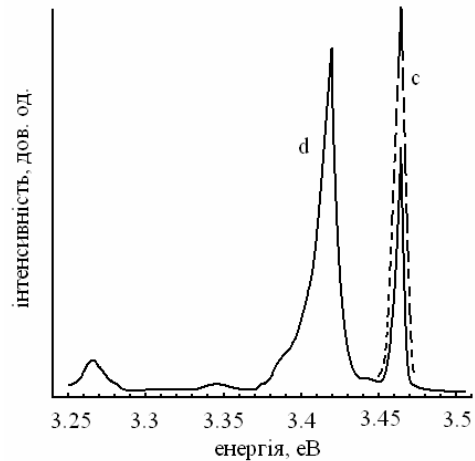


Рис. 2. Спектри ФЛ плівок GaN, отриманих на підкладках GaAs із різним ступенем поруватості: **c** – 15%, **d** – 30%.

Спектри ФЛ для структур GaN/por-GaAs/GaAs типів **c** та **e** принципово не відрізнялись, тому на рис. 2 наведено результати досліджень тільки для зразків серій **c** та **d**. Для всіх плівок GaN, отриманих на підкладках із величиною поруватості 15, 30 та 40%, у спектрах ФЛ спостерігалась смуга із максимумом енергії при 3.465 еВ, що відповідає типовій зоназонній ФЛ плівок GaN гексагональної модифікації. Порівнюючи ці результати з експериментальними результатами для зразків серій **a** та **b** (див. рис.1) відзначимо, що при збільшенні товщини гетероепітаксійних плівок GaN на підкладках GaAs відбувається трансформація кубічної модифікації GaN у гексагональну. Можна запропонувати таке пояснення подібній ситуації. Легування плівок GaN миш'яком сприяє формуванню саме кубічної модифікації нітридної сполуки елементів п'ятої групи; при збільшенні товщини плівок GaN інтенсивність легування миш'яком із підкладки поверхневих шарів, що нарощуються, зменшується, що й сприяє подальшому формуванню більш

термодинамічно вигідної гексагональній модифікації GaN. Подібний вплив легування атомами миш'яку на формування кубічної модифікації GaN представлено у роботі [7].

Для зразків серії **d** (поруватість підкладки 30%) спостерігаються суттєві зміни у спектрах ФЛ (див. рис. 2, крива **d**). Появляються дві нові смуги ФЛ в довгохвильовій області спектру та суттєво зменшується інтенсивність близькокрайової смуги ФЛ. Найбільш довгохвильову слабку смугу ФЛ із максимумом енергії поблизу 3.265 eV ми пов'язуємо із зона-зонним випромінюванням кубічного GaN, що підтверджується результатами досліджень, проведених в роботах [16-18]. Наші висновки узгоджуються із результатами рентгеноструктурного аналізу, які виявили наявність як гексагональної, так і кубічної фаз у отриманих нами гетероепітаксійних плівках GaN.

Смуга ФЛ із максимумом при 3.465 eV співпадає за енергетичним положенням із смугою ФЛ для зразків серій **c** та **e** і відповідає зона-зонному випромінюванню гексагональної модифікації GaN, але інтенсивність даної смуги ФЛ для плівок GaN серії **c** є дещо більшою, ніж для зразків серій **d** та **e**. Цікавим фактом для спектрів ФЛ зразків серії **d** є наявність смуги ФЛ з енергією 3.42 eV, інтенсивність якої порівняно близька (а в деяких випадках навіть переважає) до інтенсивності смуги зона-зонного випромінювання зразків GaN гексагональної модифікації. Виявлена смуга ФЛ з енергією 3.42 eV зустрічалася в роботах інших авторів, наприклад, у роботах [7, 8]; її природа пояснювалася включенням кристалітів GaN гексагональної модифікації у кубічній матриці GaN.

Отримані результати є цікавими в аспекті використання підкладок GaAs кристалографічної

орієнтації (111) для формування плівок GaN кубічної модифікації, в той час як переважна більшість робіт, присвячених отриманню сполук GaN кубічної сингонії ґрунтувалася на використанні підкладок GaAs(001) (наприклад, роботи [19-21]).

Висновки

Встановлено та доведено можливість формування тонких епітаксійних плівок GaN_xAs_{1-x} як гексагональної, так і кубічної сингоній в залежності від технологічних умов відпалу поруватих підкладок GaAs в активних радикалах азоту.

Досліджено фотолюмінесцентні властивості отриманих нітридизацією поруватих підкладок GaAs потрійних напівпровідникових сполук GaN_xAs_{1-x} із різною концентрацією миш'яку. Показано, що при збільшенні концентрації атомів миш'яку до 10% ширина забороненої зони потрійної сполуки GaN_xAs_{1-x} зменшується до величини 2.44 eV, а інтенсивність смуги ФЛ зростає.

Визначено особливості фотолюмінесценції конгломерату кубічної та гексагональної модифікацій у гетероепітаксійних плівках GaN, отриманих шляхом конвертації поверхневих шарів GaAs у тонкі півки GaN під час нітридизації. Показана можливість отримання плівок GaN кубічної модифікації за рахунок використання підкладок GaAs із величиною поруватості 30%. Установлена присутність кристалітів гексагональної модифікації GaN у матриці кубічного GaN, що підтверджується наявністю потужного характеристичного піку 3.42 eV в спектрах ФЛ.

- [1] L. Bellaiche, S.-H. Wei, A. Zunger. Localization and percolation in semiconductor alloys: GaAsN vs GaAsP // *Phys. Rev. B.*, **54**(24), pp. 17568 – 17576 (1996).
- [2] L. Bellaiche, S.-H. Wei, Alex Zunger Band gaps of GaPN and GaAsN alloys // *Appl. Phys. Lett.*, **70**(26), pp. 3558-3560 (1997).
- [3] А.Ф. Цацульников, Б.Я. Бер, А.П. Карташова, Ю.А. Кудрявцев, Н.Н. Леденцов, В.В. Лундин, М.В. Максимов, А.В. Сахаров, А.С. Усиков, Ж.И. Алфёров, and A. Hoffman. Исследование слоев GaN, легированных атомами As, полученных методом газофазной эпитаксии из металлоорганических соединений // *Физика и техника полупроводников*, **33**(7), сс. 791-794 (1999).
- [4] B. Gil, A. Morel, T. Taliercio, P. Lefebvre, C. T. Foxon, I. Harrison, A. J. Winser, S. V. Novikov. Carrier relaxation dynamics for As defects in GaN // *Appl. Phys. Lett.*, **79**(1), pp. 69-71 (2001).
- [5] А.В. Андрианов, С.В. Новиков, И.С. Журавлёв, Т. Ли, Р. Чаа, С. Буул, И. Харрисон, Е.К. Ларкинс, К.Т. Фоксон. Эффективная фотолюминесценция ближнего инфракрасного диапазона в слоях нитрида галлия, легированного мышьяком // *Физика и техника полупроводников*, **39**(1), сс.82-85 (2005).
- [6] X. Weng, S. J. Clarke, W. Ye, S. Kumar, R. S. Goldman, A. Daniel, R. Clarke, J. Holt, J. Sipowska, A. Francis, and V. Rotberg. Evolution of structural and optical properties of ion-beam synthesized GaAsN nanostructures // *J. Appl. Phys.*, **92**(7), pp. 4012-4018 (2002).
- [7] Harutoshi Tsuchiya, K.S. Masato Minami. Influence of As Autodoping from GaAs Substrates on Thick Cubic GaN Growth by Halide Vapour Epitaxy // *Jpn. J. Appl. Phys.*, **37**, pp. L568-L570 (1998).
- [8] A. Georgakilas, K. Amimer, P. Tzanetakis, Z. Hatzopoulos, M. Cengher, B. Pecz, Zs. Czigany, L. Toth, M.V. Baidakova, A.V. Sakharov, and V.Yu. Davydov. Correlation of the structural and optical properties of GaN grown on vicinal (0 0 1) GaAs substrates with the plasma-assisted MBE growth conditions // *Journal of Crystal Growth.*, **227-228**, pp. 410-414 (2001).

- [9] 9. V.V. Kidalov, G. A. Sukach, A.S. Revenko, A.D. Bayda. Properties of cubic GaN films obtained by nitridation of porous GaAs (001) // *Phys. Stat. Sol. (a)*, **202**(8), pp. 1668-1672 (2005).
- [10] 10.I. Aksenov, Y. Nakada, H. Okumura Nitridation of GaAs (001) Surface Studied by Auger Electron Spectroscopy // *Jpn. J. Appl. Phys.*, **38**(4B), pp. 2510-2520 (1999).
- [11] 11.Noriyuki Kuwano, Yoshiyuki Nagamoto, Kenki Kobayashi, Kensuke Oki, Seiro Miyoshi, Hiroyuki Yaguchi, Kentaro Onabe, Yashiro Shiraki. Transmission Electron Microscope Observation of Cubic GaN Grown by Metalorganic Vapor Phase Epitaxy with Dimethylhydrazine on (001) GaAs // *Jpn. J. Appl. Phys.*, **33**, pp. 18-22 (1994).
- [12] 12.В.В. Мамутин, В.П. Улин, В.В. Третьяков, С.В. Иванов, С.Г. Конников, П.С. Копьев. Получение кубического GaN молекулярно-пучковой эпитаксией // *Письма в ЖТФ*, **25**(1), с. 3-9 (1999).
- [13] 13.V.V. Kidalov, G.A. Sukach, A.S. Revenko, E.P. Potapenko. Photoluminescent and structural properties of GaN thin films obtained by radical - beam hetering epitaxy on porous GaAs(001) // *J. Lumin.*, **102-103**, pp. 712-714 (2003).
- [14] 14.Г.О.Сукач, В.В.Кідалов, А.С.Ревенко. Про один механізм конвертації поверхневих шарів GaAs у GaN у результаті нітридизації // *Фізика і хімія твердого тіла*, **6**(4), с. 561-565 (2006).
- [15] 15.В.А.Однолюбов, А.Р.Ковш, А.Е.Жуков, Н.А.Малеєв, Е.С.Семенова, В.М.Устинов. Термодинамический анализ роста тройных соединений GaAsN методом молекулярно-пучковой эпитаксии // *Физика и техника полупроводников*, **35**(5), с.554-559 (2001).
- [16] 16.A.V. Andrianov, D.E. Lacklison, J.W. Orton, D.J. Dewsnip, S.E. Hooper, C.T. Foxon. Low-temperature luminescence study of GaN films grown by MBE // *Semicond. Sci. Technol.*, **11**(3), pp. 366-371 (1996).
- [17] 17.Dapeng Xu, Hui Yang, J. B. Li, D. G. Zhao, S. F. Li, S. M. Zhuang, R. H. Wu, Y. Chen, G. H. Li. Optical characterization of high-purity cubic GaN grown on GaAs (001) substrate by metalorganic chemical vapor deposition // *Appl. Phys. Lett.*, **76**(21), pp. 3025-3027 (2000).
- [18] 18.Tokuo Yodo, Hironori Tsuchiya, Hironori Ando, Yoshinobu Harada. Damage due to nitrogen molecular ions of GaN heteroepitaxial layers grown on Si(001) substrates by molecular beam epitaxy assisted by electron cyclotron resonance // *Jpn. J. Appl. Phys.*, **39**, pp. 2523-2529 (2000).
- [19] 19.S. Ruvimov, Z. Liliental-Webber, J. Washburn, Timothy J. Drummond, Michael Hafich, Stephen R. Lee. Microstructure of GaN layers grown on (001) GaAs by plasma assisted molecular-beam epitaxy // *Appl. Phys. Lett.*, **71**(20), pp. 2931-2933 (1997).
- [20] 20.H. Chen, H. Liu, Z. Li, S. Liu, Q. Huang, J. Zhou, Y. Wang. A new initial growth method for pure cubic GaN on GaAs(0 0 1) // *J. Cryst. Growth.*, **201-202**, pp. 336-340 (1999).
- [21] 21.K. Onabe, J. Wu, R. Katayama, F.H. Zhao, A. Nagayama, Y. Shiraki. Cubic GaN Films on GaAs (001) Substrates without Deep-Level Luminescence Grown by Metalorganic Vapor Phase Epitaxy // *Phys. Stat. Sol. (a)*, **180**(1), pp.15-19 (2000).

V.V.Kidalov¹, A.S. Revenko¹, G.A.Sukach², A.B.Bogoslovskaya³, Yu.I.Yatsenko¹

Properties of GaNAs and GaN Films, Obtained by Nitridation of Porous GaAs

¹ Berdyansk State Pedagogical University,
Shmidt str., 4, Berdyansk, 71100, Ukraine

² State University of Information & Communication Technologies,
7, Solomjanska st., 03110, Kyiv, Ukraine

³ Lashkarov Institute of Semiconductor Physics NAS of Ukraine,
45, Nauky pr., 03028, Kyiv, Ukraine

Result of photoluminescence investigation of thin films of GaN_xAs_{1-x} compound, obtained by nitridation of porous GaAs substrate are presented in the article. It has been found possible to control of arsenic and nitrogen concentration in GaNAs by optimizing the condition of annealing in atomic nitrogen. Cubic GaN film were obtained on por-GaAs/GaAs(111) substrate, that extends possibility of growth GaN cubic on GaAs substrate. Effect of changing of the energy of the band-edge luminescence of GaNAs from 2.63 to 2.44 eV with increasing arsenic concentration from 1 to 10% are discussed. The dependences of lattice type of GaN films on porosity of por-GaAs/GaAs(111) are reveals. It has been determined, that using porous GaAs substrate with porosity of 30% favours formation of cubic GaN. Photoluminescence peak at 3.42 eV (at 77 K) is attributed to polycrystalline hexagonal inclusion in cubic GaN.