

**СЕКЦІА 21. ФІЗИКІ І МАТЕМАТИКІ.
(ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ)***ПОД- СЕКЦИЯ 8. Физика.***Симченко С.В.****Кирилаш А.И.****Стыров В.В.****Кидалов В.В.**

Бердянский государственный педагогический университет,
г. Бердянск Украина

**СОЗДАНИЕ КЛАСТЕРОВ НИТРИДА ГАЛЛИЯ НА ПОДЛОЖКАХ
ИЗ НАНОПОРИСТОГО АРСЕНИДА ГАЛЛИЯ**

Получение качественных пленок нитрида галлия n- и p- проводимости позволило создать эффективные полупроводниковые “синие” диоды и лазеры [1]. В настоящее время GaN, применяемый в промышленных приборах, имеет гексагональную структуру. Благодаря прогрессу в получении качественных пленок GaN интерес к данному полупроводниковому соединению значительно возрос. Основными проблемами при этом является обеспечение однофазности пленок GaN и снижение уровня их дефектности из-за несоответствия периода решетки пленки и подложки. Одним из возможных направлений решения этой проблемы, в том числе получения метастабильной кубической фазы GaN, является применение “мягких” пористых подложек, как предложено в работе [2]. Несмотря на достигнутые успехи, проблема адгезии слоя GaN к пористой подложке окончательно не решена. При использовании сплошных слоёв GaN в полупроводниковых светоизлучающих устройствах возникают сложности, связанные с отслоением GaN от подложки из-за разности температурных коэффициентов расширения.

В данной работе представлен метод получения кластеров нитрида галлия на подложках из пористого GaAs путём обработки подложки атомами азота из азотной ВЧ-плазмы. Главным достоинством сформированных кластеров является сведение к минимуму отслоения кластера при высоких рабочих температурах.

Пористые слои GaAs получали с помощью электрохимического анодного травления монокристаллов n-GaAs (111), легированных кремнием, (концентрация основных носителей 10^{15} - 10^{18} см⁻³) в разработанной нами ячейке с платиновым электродом. С обратной стороны пластины GaAs был нанесен омический контакт. Травления осуществляли в спиртовом растворе 55% плавиковой кислоты. Раствор изготавливали по следующей формуле: HF: C₂H₅OH = 1:1 (по объёму). Пористые подложки получали при различных условиях травления, что приводило к колебанию степени пористости GaAs от 30 до 55 процентов, плотность электрического тока варьировали в пределах от 70 до 90 мА/см², время травления составляло 10-15 мин.

Процесс нитридизации проводили в несколько этапов, состоящих из циклов нагрев-охлаждение в атмосфере атомно-молекулярной смеси N+N₂. Температуру образца контролировали термопарой хромель-алюмель, поток атомов азота на образец регистрировали с помощью платинового изотермического микрокалориметра.

Эксперимент проводили при потоках атомов $j \approx 10^{21} \text{ м}^{-2} \text{ с}^{-1}$ и циклах нагрева образца от 300К до 400, 460, 500 К соответственно, длительностью по 20 минут каждый. После каждого цикла образец остывал до 300К и затем исследовались его люминесцентные свойства при комнатной температуре. При снятии спектров фотолюминесценции образца использовался светосильный монохроматор ЗМР-3 и фотоумножитель ФЭУ-100. Возбуждение образца осуществлялось ртутной лампой с использованием интерференционного фильтра производства США (длина волны 365нм).

Морфология пористых подложек и полученных кластеров GaN исследовалась на растровом электронном микроскопе РЕМ-109.

При 300 К в спектре фотолюминесценции (ФЛ) наблюдается два максимума: в ультрафиолетовой (УФ) $\sim 380 \text{ нм}$ и красной (710-725нм) областях. Наблюдаемая красная ФЛ, по-видимому, обусловлена излучательной рекомбинацией в нанокристаллах GaAs, выступающих на поверхность. Интересным является факт, что красная ФЛ, оказалась довольно интенсивной: интенсивность при 300К составляет $\sim 15\text{-}20\%$ от интенсивности УФ ФЛ. Высокая эффективность красной ФЛ при относительно малой объемной доле нанокристаллов GaAs свидетельствует об эффективном захвате неравновесных электронно-дырочных пар, генерируемых ультрафиолетовым фотовозбуждением в матрице GaAs. Большое различие запрещенных зон GaN (3,37эВ) и GaAs (1,43эВ) безусловно, играет важную роль в этом процессе. Таким образом, узкозонные нанокристаллы GaAs в GaN:As ведут себя в рекомбинационных процессах подобно встроенным гетероструктурам или квантовым точкам в широкозонной матрице. Максимум, приходящийся на УФ область, является типичным для GaN и отвечает энергиям связанных экситонов в гексагональной фазе.

Результаты, эксперимента, показывают, что наиболее яркую ФЛ имеют кластеры GaN, выращенные на пористом кристалле GaAs со степенью пористости 45%. Заметим, что интенсивность ФЛ практически не уменьшалась после нескольких циклов прогрев-охлаждение (450-300К) такого образца на воздухе, что открывает перспективы использования кластеров GaN для изготовления сверхминиатюрных светоизлучающих и оптоэлектронных устройств.

Итак, в данной работе на приготовленных нами пористых подложках GaAs (111) получены термически устойчивые кластеры гексагонального GaN, обладающие лучшей адгезией к подложке по сравнению к сплошным плёнкам из этого же полупроводника. Фотолюминесцентные свойства кластеров GaN зависят от пористости подложки GaAs и геометрических размеров сформированных кластеров.

Литература.

1. S.Nakamura, S.Nagahama, N.Iwasa, T.Yamada, T.Matsushita, H.Kiyoku, Y.Sugimoto. Appl. Phys. Lett., 68, 2105 (1996).
2. С.В.Иванов, С.Г.Конников, П.С. Копьев. Письма в ЖТФ. 25(1), 3 (1999).