

Дяденчук А. Ф., Кидалов В. В.
(Бердянский государственный педагогический университет, 71100
Украина, Запорожская обл., г. Бердянск, ул. Шмидта, 4)

НИЗКОРАЗМЕРНЫЕ НАНОКОМПОЗИТНЫЕ СТРУКТУРЫ В ПРИБОРАХ ЭЛЕКТРОНИКИ

Классические гетероструктуры и гетероструктуры с квантовыми точками и нанотрубками применяются при изготовлении приборов силовой, опто-, нано- и СВЧ-электроники, что связано с различиями их свойств и свойств объемных полупроводников [1]. Для формирования качественных полупроводниковых структур с заданными свойствами необходимо установить связь их морфологии и состава с условиями синтеза. Поэтому важное значение приобретает вопрос технологии получения высококачественных полупроводниковых гетероструктур, содержащих низкоразмерные квантовые объекты.

В данной работе рассмотрен процесс формирования нанотрубок ZnO, In₂O₃ и квантовых точек GaN на пористых подложках ZnSe, InP и GaAs соответственно.

Для изготовления оксидных нанотрубок использован метод радикало-лучевой геттерирующей эпитаксии [2, 3], который заключается в отжиге пористых полупроводниковых подложек в потоке атомарного кислорода либо атомарного азота.

Эксперимент проводился в два этапа:

- получение пористой поверхности полупроводников методом электрохимического травления;
- отжиг пористых образцов в потоке атомарного газа.

Таблица 1. Параметры пористых подложек

Параметр	Значение		
	n-ZnSe (110)	n-InP (111)	n-GaAs (001)
Глубина пористого слоя h, м	10×10^{-6}	350×10^{-9}	100×10^{-6}
Диаметр поры d, м	1×10^{-6}	50×10^{-9}	1×10^{-6}
Расстояние между порами, м	$0,5 \times 10^{-6}$	$0,5 \times 10^{-6}$	$0,5 \times 10^{-6}$
Размер пластины пористого образца, м ²	10^{-4}	10^{-4}	10^{-4}

В качестве подложки для выращивания оксидных нанотрубок использовались образцы пористого ZnSe и пористого InP, квантовые

точки получены на поверхности пористого GaAs. Параметры пористых подложек приведены в таблице 1.

В таблице 2 приведены условия проведения отжига.

Таблица 2. Условия проведения радикало-лучевой геттерирующей эпитаксии

Параметр	Значение
Начальная температура отжига, °C	400
Конечная температура отжига, °C	500
Время отжига, мин	50
Давление газа в камере роста, Па	10^{-3}
Поток радикалов газа $J, \text{см}^{-2}\text{с}^{-1}$	$1,5 \cdot 10^{17}$

Одномерные структуры ZnO на пористые поверхности ZnSe

На рис. 1 представлена СЭМ-микрофотография поверхности полученной гетероструктуры ZnO/porous-ZnSe/ZnSe. Длина нанотрубок оксида цинка достигает десяти микрон, при этом внешний диаметр трубок варьирует в пределах от 0,5 до 2 мкм.

Рентгенограмма оксида цинка показывает, что полученное вещество является вюрцитной фазой ZnO. Ярко выраженное выделение пика в направлении [002] говорит о вертикальной упорядоченности полученных нанотрубок.

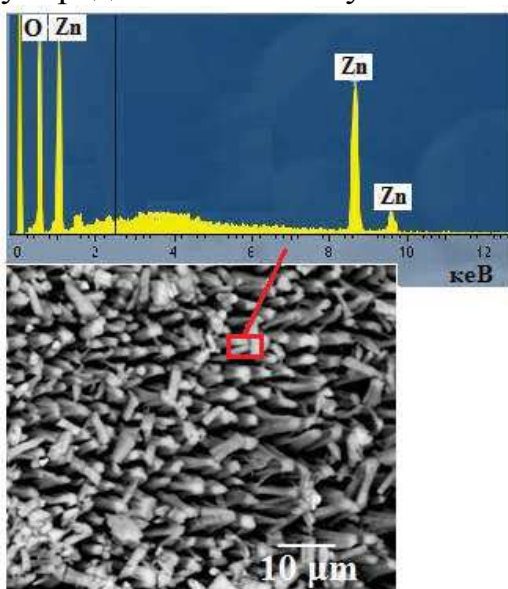


Рис. 1. СЭМ-изображение нанотрубок ZnO, вкладка - химический состав нанотрубок, полученный с помощью EDAX метода

Нанотрубки оксида индия на пористой поверхности InP

После отжига пористых образцов InP в потоке атомарного кислорода на поверхности и внутри пор формируются встроенные нанотрубки In_2O_3 .

Внутренняя поверхность стенок каждой поры покрывается кислородом по всей ее длине от основания (дна столбика) к поверхности образца, образуя кислородосодержащие нанотрубки, повторяющие форму пор.

Анализ спектров

рентгеноструктурного анализа свидетельствует, что кроме дифракционных пиков от плоскости (200) исходного InP наблюдаются пики $2\theta=36,8, 46,6, 51^\circ$, соответствующие отражению от плоскостей (400), (431), (440) пленки In_2O_3 . Установлено, что во всех исследованных покрытиях идентифицировалась только фаза In_2O_3 кубической модификации.

Нитризация пористых подложек GaAs

В случае отжига пористого полупроводника n-GaAs (100) в потоке атомарного азота на поверхности обрабатываемого полупроводника происходит образование квантовых точек GaN.

Установлено, что размер квантовых точек GaN составляет примерно 20-30 нм (рис. 2).

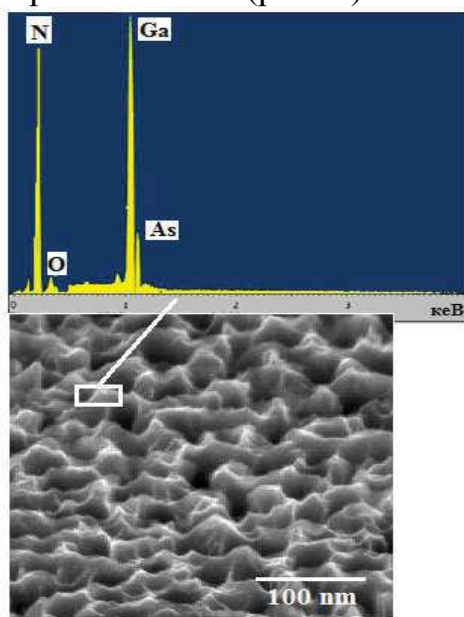


Рис. 2. СЭМ-изображение квантовых точек GaN на поверхности пористых слоев GaAs (100), полученных после отжига в атомарном азоте (вкладка - химический состав квантовых точек, полученный с помощью EDAX метода).

При проведении отжига пористых пластин GaAs в атомарном азоте следует учитывать не только диффузный механизм, но и квазиэпитаксиальный.

Первый проявляется благодаря конвертации вакансий мышьяка атомами азота, благодаря чему приповерхностные слои GaAs трансформируются в GaN. Квазиэпитаксиальный механизм связан с вытягиванием атомов Ga из объема подложки и последующим объединением их с атомами N. Процесс проводится до тех пор, пока не происходит полное замещение собственных атомов (As) на атомы другого

вещества (N), что приводит к полной трансформации GaAs в GaN.

Разработана технология получения оксидных нанотрубок ZnO и In_2O_3 на пористой поверхности ZnSe и InP, соответственно, в результате термического отжига в потоке атомарного кислорода при температуре 400°C . При этом длина нанотрубок оксида цинка достигает 10 мкм, внешний диаметр трубок варьирует в пределах от 0,5 до 2 мкм. После отжига пористого InP внутри пор формируются

встроенные нанотрубки In_2O_3 . Анализ спектров структурного анализа свидетельствует, что в покрытии InP идентифицируется только фаза In_2O_3 кубической модификации.

Показано, что в результате отжига пористых подложек GaAs после нитридации образуется гетероструктура $\text{GaN}/\text{porous-GaAs}/\text{GaAs}$ с квантовыми точками GaN . Установлено, что во время процесса образования квантовых точек GaN на пористой поверхности GaAs следует учитывать кроме диффузного характера роста также квазиэпитаксиальный (вытягивание атомов Ga из объема подложки и дальнейшее сообщением их с атомами N). Определено, что размер квантовых точек GaN составляет примерно 20-30 нм.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алферов Ж. И. История и будущее полупроводниковых гетероструктур. Физика и техника полупроводников. 1998. Т. 32, № 1. С. 3-18.

2. Котляревский М. Б., Кидалов В. В., Ревенко А. С. Радиоло-лучевая геттерирующая эпитаксия - новый метод в технологии полупроводниковых материалов АЗВ5. Науковий вісник Ужгородського університету. Сер. : Фізика. 2001. Вип. 10. С. 217-220.

3. Кидалов В. В., Сукач Г. А., Ревенко А. С., Потапенко Е. П. Ультрафиолетовая люминесценция тонких пленок GaN , полученных методом радикало-лучевой геттерирующей эпитаксии на пористых подложках GaAs (111). Физика и техника полупроводников. 2003. Т. 37, вып. 11. С. 1303 – 304.

УДК 62-523.8

В.И. Егоренко, Д.В. Ющенко, Д.А. Ключкин, Е.И. Краевский,
С.Ю Сердюков, А.П Винкельман.
(Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого)

МОДЕРНИЗАЦИЯ УСТАНОВКИ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО ТЕРМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА. РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ СЧИТЫВАНИЯ ДАННЫХ.

ДТА как метод исследования веществ на данный момент является одним из наиболее информативных. У стандартных установок, которые доступны на территории РФ, есть ряд существенных минусов:

– высокая стоимость;