

Получение низкой плотности GaN/AlN КТ в процессе перераспределения вещества на поверхности смачивающего слоя

Конфедератова К.А., Мансуров В.Г., Малин Т.В., Галицын Ю.Г., Александров И.А., Вдовин В.И., Журавлев К.С.

ИФП СО РАН, 630090, Новосибирск, пр. Лаврентьева, 13

Нитриды металлов третьей группы (GaN, AlN, InN) являются важными материалами для развития современной силовой и СВЧ электроники, а так же оптоэлектроники в видимом и УФ диапазоне. В частности, квантовые точки (КТ) низкой плотности ($\sim 10^8 \text{ см}^{-2}$), созданные на основе А₃-нитридов, позволяют создавать одноэлектронные приборы, излучатели одиночных или запутанных фотонов, работающие при комнатной температуре. Обычно КТ выращиваются методом Странского-Крастанова (СК) или капельной эпитаксией. В этих случаях сложно получить низкую плотность GaN КТ и при этом сочетать ее с необходимой формой и размерами островков. КТ, полученные методом капельной эпитаксии, имеют низкую кристалличность из-за неполной нитридации капель Ga.

В данной работе представлен метод создания GaN КТ на поверхности (0001)AlN при перераспределения адатомов Ga и N на поверхности смачивающего слоя GaN. Формирование КТ исследовалось *in situ* методом ДБЭО, *ex situ* методами АСМ, СЭМ с ЭДС, ПЭМ и м-ФЛ. Сначала выращивался двумерный слой GaN: на поверхность AlN осаждался Ga (3–4 монослоя), затем поверхность выдерживалась в потоке аммиака (10 sccm). Температура нанесения Ga варьировалась от 540 до 750°C. При этом на дифракционной картине (ДК) сначала наблюдались штрихи от поверхности двумерного AlN, затем ДК гасла при осаждении Ga, и при обработке поверхности аммиаком снова появлялись штрихи от смачивающего слоя GaN. Далее температура подложки резко повышалась от 540°C до 900°C и полученный смачивающий слой GaN прогревался. Формирование КТ подтверждалось появлением 3D рефлексов на ДК. Затем массив GaN КТ зарастивался материалом матрицы AlN. Методом ПЭМ получены изображения одиночных GaN КТ высотой ~ 3 нм и диаметром 10 нм (рис. 2). В спектрах гелиевой м-ФЛ обнаружены пики, соответствующие рекомбинации экситонов и биэкситонов в КТ, идентифицированные используя зависимость интенсивности пиков от мощности лазера. Анализ спектров м-ФЛ позволил оценить высоту ~ 3 нм и плотность 10^8 см^{-2} КТ.

Высота полученных GaN КТ (3 нм) больше, чем исходная толщина слоя GaN (1 нм). Его поверхность шероховата, следовательно, увеличивается влияние кинетических эффектов, которые возникают из-за наличия барьера Эрлиха-Швобеля (БЭШ). БЭШ - энергетический барьер, расположенный на ступенях, который адатомы должны преодолеть, чтобы диффундировать вниз по ступеньке и прикрепиться к ее нижнему краю. При наличии такого барьера вероятности прикрепления к верхнему и нижнему краям ступеней различны. Эта асимметрия делает рост нестабильным при наличии перепада высот. Как следствие, он индуцирует массовый ток "в гору", который может индуцировать специфические самоорганизующиеся поверхностные структуры такие, как КТ. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 17-02-00947 и 17-52-04023).

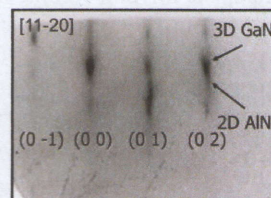


Рис. 1. – ДК в точке перехода от гладкой поверхности к образованию трехмерных островков в процессе нагрева подложки от 540°C до 900°C.

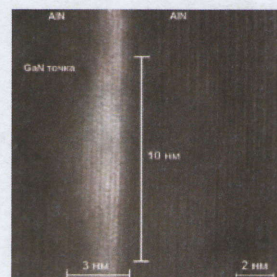


Рис. 2. – ПЭМ изображение одиночной GaN КТ.