Система хлорид-гидридной газофазной эпитаксии для выращивания объемных слоев нитрида галлия

Вороненков В.В.^{1,2}, Шретер Ю.Г.^{1,2}

¹ ФТИ им. А.Ф.Иоффе РАН 194021, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 26

² АО «ТРИНИТРИ», 197183 Россия, Санкт-Петербург, Липовая аллея д. 9А, 11Н

DOI 10.34077/Semicond2019-93

Подложки объемного нитрида галлия необходимы для создания приборов, которые требуют высокого кристаллического качества эпитаксиальных слоев - синих и зеленых лазеров, мощных светодиодов, вертикальных силовых приборов. Основными методами выращивания объемного GaN являются хлорид-гидридная газофазная эпитаксия (HVPE), аммонотермальный метод и выращивание из раствора методом Na-Flux. Метод HVPE позволяет выращивать эпитаксиальные слои высокой чистоты, в том числе некомпенсированные полуизолирующие [1], качество структуры таких слоев определяется качеством затравочной подложки: плотность дислокаций в эпитаксиальных HVPE слоях, выращенных на объемной подложке GaN не превышает плотность дислокаций в подложке. Метод HVPE также является перспективным для высокочистых приборных слоев [1].

Начиная с первых работ по выращиванию GaN методом HVPE [2], в качестве источника хлорида галлия обычно используется лодочка с расплавленным галлием, размещенная внутри реактора вблизи зоны роста. Это ограничивает емкость источника галлия и усложняет конструкцию реактора. Также, большинство HVPE реакторов, описанных в литературе, содержат кварцевые части, которые являются источником загрязнения кремнием и кислородом [1,3].

В данной работе представлен реактор предназначенный для выращивания объемных слоев GaN. Реакционная камера - вертикальная с горячими стенками и внешним резистивным нагревом, который обеспечивает температуру подложки до 1200 С. В конструкции ростовой камеры отсутствуют детали из кварца — все элементы горячей зоны реактора изготовлены из неоксидной керамики и тугоплавких металлов.

Разработанная система подачи газа в ростовую камеру обеспечивает неоднородность толщины пленки менее 5% при скорости роста 200 мкм/ч. Источники галлия и алюминия расположен снаружи реакционной камеры, галлий и алюминия доставляются в реакционную камеру по прогреваемым трубопроводам в виде летучих трихлоридов. Для загрузки и выгрузки подложки применена вакуумная шлюзовая камера, что сокращает время перезагрузки и предотвращает загрязнение реактора. Для очистки подложкодержателя и стенок ростовой камеры в промежутках между процессами роста была разработана процедура сухого травления, что позволило улучшить воспроизводимость и увеличить срок службы элементов камеры роста.

Объемные кристаллы толщиной до 5.3 мм и диаметром 50 мм, с плотностью дислокаций менее 10^{-6} см^{-2} были выращены с использованием двухстадийного процесса роста [4].

[1] H. Fujikura et al, *Jap. J. Appl. Phys.* **56**, 085503 (2017)

[2] H.P. Maruska et al, *Appl. Phys. Lett.* **15**, 327 (1969)

[3] C.N. Cochran et al, *J. Electrochem. Soc.* **109**, 149 (1962)

[4] V. Voronenkov et al, *Phys. Status Solidi C* **10** 468 (2013)