Преобразование элементного состава на поверхности 2D слоя GaN при формировании квантовых точек GaN

Я.Е. Майдэбура¹, В.Г. Мансуров¹, Т.В. Малин¹, К.С. Журавлев¹

Институт физики полупроводников СО РАН, Новосибирск

тел: +7 (961) 226-9666, эл. почта: hnxr5@gmail.com

DOI 10.34077/RCSP2021-100

Нитридные полупроводники III группы, такие как InN, GaN и AlN, в последние десятилетия представляют огромный интерес для исследования. Это обуславливается возможностью создания фотоприемных и светоизлучающих устройств от инфракрасного до ультрафиолетового диапазона используя твердые растворы III-нитридов [1]. Проблемой при создании таких устройств является высокая плотность дислокаций в выращенных структурах, которые являются центрами безызлучательной рекомбинации и снижают эффективность работы оптоэлектронных устройств. Возможный подход к преодолению этой проблемы заключается в использовании трехмерных наноструктур, известных как квантовые точки (КТ).

В работе методом дифракции быстрых электронов на отражение было проведено экспериментальное исследование преобразования двумерного (2D) слоя GaN в трехмерные (3D) островки (2D-3D переход) при отключении потока аммиака в установке аммиачной молекулярно-лучевой эпитаксии Riber CBE-32. Полученные кинетики интенсивности 3D рефлекса при отключении аммиака, а так же при последовательном изменении температуры ростового слоя позволили выявить некоторые особенности при 2D-3D переходе, которые в полной мере не описываются существующей теорией, развитой в работе Mariette [2].

В модели равновесия Mariette [2] 2D-3D переход определяется соотношением энергии псевдоморфного слоя GaN – E2D и энергии релаксировавшего GaN слоя – E3D, покрытого 3D островками, и образование 3D островков энергетически выгодно, когда $E_{2D} > E_{3D}$. Исходя из этого, авторы [3,4] предположили, что во время роста в потоке аммиака энергетически выгодным является послойный рост, а при отключении аммиака энергетический баланс смещается в сторону 3D островков. Однако причины смещения энергетического баланса, а так же процессы на поверхности GaN приводящие к этому, в работах [3,4] не рассматривались.

Для выяснения процессов, вызывающих 2D-3D переход на поверхности GaN, мы рассчитали изменение химического состава поверхности и поверхностной энергии GaN после отключения аммиака. Результаты расчета поверхностной энергии 2D слоя GaN после отключения аммиака для различных температур представлены на рисунке.

Рассчитанные зависимости позволили описать кинетику 2D-3D перехода при различных температурах, измеренную с помощью метода дифракции быстрых электронов на отражение.

Литература

- [1] O. Ambacher. // J. Phys. D: Appl. Phys. 31. 1998. 2653–2710.
- [2] H. Mariette. // Comptes Rendus Phys. 6. 2005. 23–32.
- [3] B. Damilano, J. Brault, J. Massies. // J. Appl. Phys. 2015. 118.
- [4] S. Tamariz, G. Callsen, N. Grandjean. // Appl. Phys. Lett. 2019. 114.