Экспериментальное исследование изменения параметров растущих двумерных пленок с толщиной при их эпитаксиальном выращивании

А.П. Коханенко, В.В. Дирко, О.И. Кукунов, А.С. Соколов

Томский государственный университет, Томск, 634050, Ленина, 36

тел.: +7 (382) 241-3517, факс: +7 (382) 241-2772, эл. почта: kokh@mail.tsu.ru

DOI 10.34077/RCSP2021-99

В нанoeлектронных структурах благодаря изменениям физических свойств объекта возникают новые физические эффекты, связанные с пространственным ограничением носителей заряда, что позволяет получать новый класс устройств и использовать их в различных системах передачи, обработки, получения, хранения и отображения информации. Для систем передачи и получения информации большое внимание привлекают квантовые структуры на основе германия и кремния благодаря совместимости с развитой кремниевой электроникой, возможности работы в диапазоне длин волн волоконно-оптических линий связи и прозрачности атмосферы, а также потенциально высокой чувствительности [1–3]. В системах обработки данных большой интерес представляют транзисторы на основе твердых растворов $\text{Ge}_x\text{Si}_{1-x}$. В таких структурах за счет незначительного рассогласования постоянных решеток между Ge и Si в 4% формируются слои с механическими напряжениями, благодаря чему возрастает подвижность носителей заряда, что увеличивает быстродействие конечного транзистора.

Целью данной работы является определение кинетики изменения параметров растущих двумерных пленок с толщиной при их эпитаксиальном выращивании. Для этого в работе проводилось эпитаксиальное выращивание напряженных двумерных слоев германия и твердого раствора германия-кремния различного состава, а также рассматривались основные особенности формирования квантовых точек в этих системах.

Синтез образцов проводился в сверхвысоковакуумной установке молекулярно-лучевой эпитаксии «Катунь-100», оснащенной двумя электронно-лучевыми испарителями для кремния и германия. Аналитическая часть камеры состоит из масс-спектрометра, кварцевого измерителя толщины, инфракрасного пирометра и дифрактометра быстрых электронов с энергией 28 кВ. В процессе роста дифракционные картины регистрировались Full-HD камерой с матрицей CMOS и трансляцией изображения в порт компьютера. За счет аппаратной возможности записи камеры 60 fps, программное обеспечение отслеживает изменение дифракционных картин со скоростью до 60 кадров в секунду. Для обработки изображений использовались собственные алгоритмы. Перед помещением пластин в камеру они подвергались предварительной химической обработке, а затем проводился высокотемпературный отжиг пластины в камере эпитаксии с последующим нанесением буферного слоя кремния.

В результате получены зависимости параметра N , определяющего сверхструктурную перестройку поверхности, от эффективной толщины осажденного материала в широких диапазонах температур и составов. На основе полученных зависимостей расстояния между атомами на поверхности осаждаемого материала возможно уточнение кинетических моделей для расчета параметров формируемых двумерных слоев и наноструктур.

Исследование выполнено в рамках государственного задания Минобрнауки России, проект № 0721-2020-0048.

Литература

- [1] Yakimov A. I., Kirienko V. V., Bloshkin A. A., et al. // Journal of Applied Physics. 2017. V. 122. P. 133101.
- [2] Izhnin I. I., Fitsych O. I., Voitsekhovskii A. V., Kokhanenko A. P., Lozovoy K. A., Dirko V. V. // Optoelectronics Review. 2018. V. 26. P. 195-200.
- [3] Timofeev V., Nikiforov A., Yakimov A., et al. // Semiconductor Science and Technology. 2019. V. 34. P. 014001.