Формирование пленки CaSi_2 в условиях радиационного воздействия на структуру CaF_2/Si

А.В. Кацюба¹, А.В. Двуреченский^{1,2}, Г.Н. Камаев¹, В.А. Володин^{1,2}

¹ ИФП СО РАН, Новосибирск, 630090, пр. Ак. Лаврентьева, 13

² Новосибирский государственный университет, 630090, Новосибирск, ул. Пирогова, 2

тел.: +7 (383) 333-2624, эл. почта: kacyuba@isp.nsc.ru

DOI 10.34077/RCSP2021-52

Возросший интерес к пленкам CaSi_2 обусловлен возможностью получать высококачественные эпитаксиальные пленки CaSi_2 на кремниевых подложках, что позволяет не только формировать элементы проводящих структур, таких как контакты и соединения в компонентах интегральных схем, но и в качестве активных элементов, включая фотоэлектрические и термоэлектрические чувствительные элементы, при создании систем с пониженной размерностью, в технологических процессах безрезистного формирования наноструктур, совместимых с кремниевой технологией. Помимо возможности эпитаксиального роста на Si, CaSi_2 имеет уникальную слоистую кристаллическую структуру, состоящую из гексагонального бислоя Si и тригонального монослоя Ca, что позволяет рассматривать этот материал в качестве прототипа для получения 2D структур на основе Si.

В настоящей работе представлены результаты исследований по изучению возможности формирования тонких пленок CaSi_2 , путем воздействия электронного пучка с энергией 20 кэВ и плотностью тока 50 мкА/м² на эпитаксиальную плёнку CaF_2 на поверхности Si, т.е. в условиях радиационно-стимулированного роста [1]. Эксперименты проводились на установке молекулярно-лучевой эпитаксии (МЛЭ) «Катунь-100», оснащенной эффузионным источником CaF_2 с графитовым тиглем. После стандартной для МЛЭ предростовой подготовки поверхности подложки Si ориентации (111) на ней выращивался буферный слой Si толщиной 100 нм, затем осуществлялся эпитаксиальный рост пленки CaF_2 . Формирование пленки CaSi_2 осуществлялось в двух вариантах. В первом случае (формирование пленки CaSi_2 непосредственно в процессе эпитаксиального роста CaF_2 в условиях воздействия электронного пучка на растущий CaF_2) в течение всего времени эпитаксиального роста CaF_2 проводилось облучение электронами. Во втором варианте (формирование пленки CaSi_2 в условиях воздействия электронного пучка на CaF_2 при заданной температуре после эпитаксиального роста пленки CaF_2) после окончания роста поверхность CaF_2 подвергалась облучению электронным пучком при заданной температуре.

Методом спектроскопии комбинационного рассеяния света (КРС) установлено, что эффект фазового превращения пленки CaF_2 в пленку CaSi_2 в условиях облучения электронами происходит как в процессе эпитаксии, так и после формирования пленки CaF_2 при температурах выше 300 °С. При увеличении толщины пленки CaF_2 более 20 нм обнаружен переход фазы CaSi_2 пространственной группы $R\bar{3}m$ с 3-х слойным трансляционным периодом кремниевых подструктур в элементарной ячейке (3R) к 6-ти слойному (6R) [2]. На рисунке в качестве примера представлены спектры КРС образца с толщиной пленки CaF_2 10 нм, снятые

вне зоны облучения (center), в области падения пучка электронов в процессе роста пленки (L1) и в области падения пучка электронов после роста пленки (L2). Сравнивая спектр (center) со спектрами, зарегистрированными от облученной области (кривые L1, L2) видно, что облучение в обоих случаях привело к появлению характерных пиков в области 413 см⁻¹, 386 см⁻¹ и 344 см⁻¹. Эти пики свойственны для CaSi_2 полиморфа 3R.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Госкорпорации «Росатом» проект № 20-21-00028.

Литература

- [1] A.V.Kacyuba, A.V.Dvurechenskii, G.N.Kamaev, V.A.Volodin, A.Y.Krupin. Materials Letters. 2020. 268с.
- [2] A.V.Kacyuba, A.V.Dvurechenskii, G.N.Kamaev, V.A.Volodin, A.Y.Krupin. Journal of Crystal Growth. 2021. Vol. 562.