Травление поверхности Si(111) при взаимодействии с молекулярным пучком селена

Пономарев С.А.^{1,2}, Рогило Д.И.¹, Федина Л.И.^{1,2}, Щеглов Д.В.¹, Латышев А.В.^{1,2}

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

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

DOI 10.34077/Semicond2019-80

Изучение способов синтеза тонких пленок халькогенидов металлов на различных полупроводниковых подложках и их свойств является динамично развивающимся направлением физики конденсированного состояния. Атомы халькогена (Se), адсорбция которых является необходимым этапом подготовки подложки, сильно взаимодействуют с поверхностью кремния и ослабляют ковалентные связи поверхностных атомов Si [1]. При повышенных температурах это приводит к формированию и десорбции молекул SiSe₂ при взаимодействии поверхности Si(111) с молекулярным пучком Se [2], но эволюция морфологии поверхности в таких условиях до сих пор еще не изучалась.

В данной работе методом *in situ* сверхвысоковакуумной отражательной электронной микроскопии (СВВ ОЭМ) исследовано взаимодействие молекулярного пучка Se с поверхностью Si(111) при скоростях осаждения до 10 БС/с и температурах подложки в интервале 560–1280°C. В процессе *in situ* эксперимента наблюдались зарождение двумерных (2D) вакансионных островков и смещение атомных ступеней в направлении вышележащих террас. Эти процессы соответствуют травлению поверхности Si(111) молекулярным пучком Se. *Ex situ* анализ морфологии поверхности образцов Si(111) методом атомно-силовой микроскопии (АСМ) демонстрирует зарождение вакансионных 2D островков на широких террасах и извилистую форму ступеней, взаимодействующих с ними (Рис.1).

Рис.1. – Топографическое АСМ изображение поверхности Si(111) после длительного травления (0.067 БС/с, 750°C) и последующего отжига без потока Se при 750°C в течение 10 с.

Методом дифракции быстрых электронов на отражение изучены структурные переходы на поверхности Si(111) при взаимодействии с молекулярным пучком Se. В зависимости от скорости травления поверхности, регистрируемой при 800°C, измерена температура фазового перехода поверхности от сверхструктуры 7×7 к поверхностной примесно-индуцированной фазе 1×1-Se, соответствующей покрытию 0.25 БС Se. Кроме того, измерена зависимость скорости травления кремния, равной потоку десорбирующих молекул SiSe₂, от температуры данного сверхструктурного перехода 7×7 ⇌ 1×1-Se. Построена фазовая диаграмма структуры поверхности (1×1-Se, сверхструктура 7×7, либо "1×1" выше 830°C) в зависимости от температуры подложки (530–1250°C) и скорости осаждения Se (до ~1 БС/с). Обнаружено понижение температуры сверхструктурного перехода "1×1" ⇌ 7×7 вблизи 830°C при взаимодействии молекулярного пучка Se с вицинальной поверхностью Si(111) и повышение температуры перехода в центральных областях широких террас.

Работа выполнена при поддержке РНФ (грант № 18-72-10063) с использованием оборудования ЦКП «Наноструктуры».

[1] S.Q. Wu, Yinghui Zhou, *Chemical Physics* 382 (2011).

[2] B.N. Dev, J. Thundat, W.M. Gibson, *J. Vac. Sci. Technol. A* 3 (1985).