Движение капель металла при высокотемпературных отжигах полупроводников III-V (Монте Карло моделирование)

Шварц Н.Л.^{1,2}, Спирина А.А.¹

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

² НГТУ, 630073, Новосибирск, пр. К. Маркса, 20

DOI 10.34077/Semicond2019-139

С помощью Монте-Карло моделирования изучено формирование и движение капель Ga и In в процессе лэнгмюровского испарения подложек полупроводников $A^{III}B^V$ с ориентациями поверхности (111)A и (111)B. На подложках (111)A металлические капли формируются около ступеней вицинальных поверхностей, а на (111)B – случайным образом по всей поверхности подложки. Экспериментально было показано, что капли металла движутся по поверхности подложек при высокотемпературных отжигах [1-4]. Нами предложен механизм движения капель на начальных стадиях отжига. Причиной движения капель является травление боковых фасеток границы раздела капля-подложка жидким металлом. При зарождении капли образуются нижняя и боковая границы раздела капля-кристалл (Рис. 1(а,б)). Латеральная граница раздела состоит из 6 фасеток с ориентациями $\langle 111 \rangle$: трех (111)A и трех (111)B. Было показано, что поверхность (111)A травится жидким металлом интенсивнее, чем (111)B. Капли металла движутся по поверхности в направлениях $\langle 110 \rangle$ (независимо от ориентации поверхности). Направление движения капель определяется анизотропией скоростей травления и максимальной шероховатостью латеральных $\{111\}$ фасеток. Более шероховатые поверхности травятся быстрее. Получены температурные зависимости скорости движения капель Ga и In. При температурах близких к температуре конгруэнтного испарения капли движутся быстрее по подложкам (111)A, а при более высоких температурах – по подложкам (111)B. Причиной уменьшения скорости движения по поверхностям (111)A при высокой температуре является заглубление капли в подложку за счет увеличения скорости травления с ростом температуры. Капли металла влияют на движение ступеней в процессе испарения. При низких температурах скорость движения капель выше, чем скорость движения ступеней. При высоких температурах наоборот, и капля тормозит движение прилегающей к ней части ступени. Замедление движения ступени около капли может приводить к эшелонированию ступеней.

Рис.1. – Схематичное изображение границ раздела капля-кристалл: (а) – боковое сечение, (б) – вид сверху. Фрагменты изображений подложек GaAs(111)A (в) и GaAs(111)B (г) после 0.4 с отжига при $T = 950$ К (в) и 870 К (г). Стрелки указывают направление движения капель.

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (№18-02-00764-а) и программ РАН.

[1] J. Tersoff et al., *Science*, **324**, 236 (2009).

[2] E. Hilner et al., *Nano Lett.*, **9**, 2710 (2009).

[3] S. Kanjanachuchai et al., *ACS Appl. Mater. Interfaces*, **5**, 7709 (2013).

[4] S. Kanjanachuchai et al *Cryst. Growth Des.*, **15**, 14 (2015).