Влияние ориентации поверхности на характеристики высокотемпературных отжигов подложек арсенида галлия

Н.Л. Шварц^{1,2}, А.А. Спирина¹

¹ Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН, Новосибирск, 630090, пр. ак. Лаврентьева, 13

² Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск, 630073, пр. К.Маркса, 20
тел: +7 (383) 333-1475, факс: +7 (383) 333-2771, эл. почта: nshwartz@isp.nsc.ru

DOI 10.34077/RCSP2021-71

В работе представлены результаты Монте-Карло моделирования лэнгмюровского испарения подложек арсенида галлия. Анализировалось влияние ориентации поверхности подложек на характеристики неравновесных высокотемпературных отжигов. Рассматривались сингулярные и вицинальные поверхности GaAs(111)A и GaAs(111)B с разными углами разориентации. Моделирование осуществлялось в температурном диапазоне 700 – 1000 К, включающем температуры конгруэнтного испарения T_c подложек с разным углом отклонения. Экспериментально показано, что при температурах отжига ниже T_c наблюдается конгруэнтное испарение, то есть галлий и мышьяк испаряются с одной скоростью, а при $T > T_c$ – неконгруэнтное испарение, при котором мышьяк испаряется интенсивнее галлия и на поверхности формируются галлиевые капли [1]. Моделирование показало, что в процессе отжига рельеф на поверхности (111)B развивается более интенсивно, чем рельеф поверхности (111)A благодаря меньшей длине диффузии мышьяка до испарения по сравнению с длиной диффузии галлия. Получено, что при $T < T_c$ поверхности (111)A испаряются послойно, а поверхности (111)B – с образованием вакансионных островков мультислойной глубины [2]. При неконгруэнтном испарении в момент зарождения капель Ga скорость испарения арсенида галлия резко уменьшается вне зависимости от ориентации подложки. Показано, что температура конгруэнтного испарения, скорость испарения подложек и скорость движения капель зависят от угла разориентации поверхности. Продемонстрировано влияние капель галлия на движение ступеней вицинальных подложек в процессе отжига. Адатомы галлия, выходящие из капли встраиваются в края террас вблизи капель, замедляя испарение ступеней и меняя их рельеф. Фрагменты модельных вицинальных поверхностей (111)A и (111)B после отжига показаны на Рис.1. Обнаружено, что помимо замедления сублимационного движения капли Ga локально изменяют направление движения ступеней: с испарения на рост. Замедление испарения и изменение направления движения ступеней приводит к локальному эшелонированию ступеней вблизи капель.

Работа выполнена при поддержке программы Минобрнауки РФ (№ 0242-2021-0008).

Рис.1 Модельные поверхности GaAs с углом отклонения 5° (вид сверху) после отжига при $T = 900$ К: (a) - (111)A, (b) - (111)B. Розовым цветом отмечен жидкий галлий, интенсивность цвета уменьшается с увеличением высоты поверхности. Пунктиром показаны исходные вицинальные ступени, стрелки указывают направление движения капель и ступеней.

Литература

- [1] S. Kanjanachuchai, C. Euaruksakul. // ACS Appl. Mater. Interfaces, 2013. V.5, P.7709- 7713.
- [2] A.A. Spirina, N.L. Shwartz. // Mat Sci Semiconductor Proc. 2021. V.124, P. 106025. doi.org/10.1016/j.mssp.2021.106025).