

АТОМНО-МОЛЕКУЛЯРНЫЕ ПРОЦЕССЫ ЛАТЕРАЛЬНОГО РОСТА НИТЕВИДНЫХ КРИСТАЛЛОВ КРЕМНИЯ

Небольсин В.А.¹, Самофалова А.С.¹, Вербицкий И.А.¹

¹) Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Россия
E-mail: samofalova.94@bk.ru

ATOMIC-MOLECULAR PROCESSES OF LATERAL GROWTH OF SILICON WHISKERS

Nebolsin V. A.¹, Samofalova A. S.¹, Verbitsky I. A.¹

¹) Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia

Presents the results of studies of the evolution of faceting of whiskers at the stage of radial thickening. The lateral growth of whisker crystals occurs layer by layer, through the tangential movement of an echelon of steps. At the hexagonal shape of whiskers, adjacent faces influence each other

Изложены результаты исследований эволюции огранки нитевидных кристаллов (НК) на стадии радиального утолщения. Латеральный рост НК происходит послойно, путем тангенциального движения эшелона ступеней. При шестигранной форме НК соседние грани влияют друг на друга.

НК Si вызвали большой интерес с момента опубликования пионерской работы Вагнера и Элліса в 1964 году. С тех пор большие усилия были предприняты для разработки методов управления фасетированием боковой поверхности НК. Но, к сожалению, из-за проблем в понимании механизмов добиться управляемого и хорошо воспроизводимого роста НК пока не удается.

НК Si образуются, по меньшей мере, в две стадии: сначала в ПЖК-процессе образуется первичный кристалл («лидер»), а затем происходит его рост в латеральном направлении по механизму пар-кристалл (ПК). При определенных условиях на боковой поверхности кристалла-«лидера» возникает огранка.

Огранка НК начинается с едва заметных «строчек» граней. Затем на месте «строчек» развиваются цепочки микрограней, число которых убывает с увеличением времени разращивания кристалла (24-18-12-6). Конечной формой латерального роста НК является шестигранная призма. Боковая поверхность призм представлена плоскостями $\{112\}$ и $\{110\}$. Грани $\{112\}$ состоят из ступеней различной ширины и образованы косыми плоскостями $\{111\}$, чередующимися с изотропными участками или гранями $\{100\}$. Размеры микроступеней изменяются в пределах от 10 до 100 нм. Ребра ступеней ориентированы перпендикулярно к оси НК. Боковые грани $\{110\}$ представлены ступенями, ребра которых ориентированы под углом $\sim 35^\circ$ к оси НК.

При $T > 1320$ К НК ограняются плоскостями $\{112\}$. Понижение температуры до 1230 К приводит к росту НК с боковой огранкой плоскостями

{110}. В ряде экспериментов наблюдалась переогранка НК {112}-{110} через промежуточную форму – двенадцатигранник.

Латеральный рост НК происходит послойно путем тангенциального движения ступеней на грани {112}. Наиболее вероятен слоевой рост за счет движения торца (подкоса) одной ступени по поверхности другой, т.е. торца ступени по поверхности грани {111}. Боковая поверхность НК перемещается при этом как единое целое в направлении нормали со скоростью от 1 до 10 нм/с.

Анализ показывает, что если происходит рост изолированной грани {112}, то быстрорастущая плоскость {100} должна вырождаться, при этом должны возникать трехгранные призмы НК. Но фактически этого не происходит. Возможно, причина заключается в том, что при латеральном росте отдельного НК его соседние боковые грани {112} оказывают влияние друг на друга. Указанное явление, очевидно, характерно для НК и не может наблюдаться на плоских подложках в аналогичных эпитаксиальных процессах.