Релаксация напряжений при понижении плотности сверхструктурной фазы в нанослоях Ge

Тийс С.А., Труханов Е.М.

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

DOI 10.34077/Semicond2019-85

Широкое распространение метода молекулярно лучевой эпитаксии привело к появлению целого ряда искусственных наноматериалов с чередующимися слоями, имеющими различные параметры кристаллической решетки. Релаксация напряжений в таких системах происходит как за счет пластической (введение дислокаций несоответствия), так и в результате упругой деформации тонких пленок. На начальных стадиях формирования гетеросистем упругая релаксация, как правило, происходит из-за специфической формы срастающихся островков.

В нашей работе на примере системы Ge-Si(111) продемонстрирован новый механизм релаксации посредством перехода (см. рис.1) от сравнительно плотной поверхностной структуры нанопленки Ge (7x7) к более «рыхлой» структуре (5x5). Сплошной слой Ge формируется в процессе латерального разрастания и последующего слияния 2D островков Ge. На начальной стадии образования слоя Ge подавляющее большинство псевдоморфных островков представляют собой

трехбислойные нанокристаллы с поверхностной структурой (7x7), характерной для чистой равновесной поверхности Si(111). По мере разрастания островков под воздействием напряжений несоответствия - σ_H на их поверхности наблюдается фазовый переход структуры (7x7) в (5x5). Как

показывают расчеты, образование менее плотной фазы (5x5) сопровождается изменением величины сжимающих нормальных напряжений нанопленки Ge от $-5,9 \cdot 10^9$ до $-3,9 \cdot 10^9$ Н/м².

В работе установлен новый, ранее неизвестный в физике конденсированного состояния, вариант релаксации σ_H . Природа процесса релаксации не обусловлена упругими или пластическими свойствами гетеросистем. Она связана с различной плотностью поверхностных фаз, участвующих в протекании фазового перехода. Для гетеросистемы Ge-Si(111) на стадии формирования новой кристаллической фазы (5x5) в результате упорядоченного массопереноса увеличивается количество вакансионных комплексов в вершинах элементарных ячеек ромбической формы, распространяющихся на глубину трех атомных слоев. Увеличение числа вакансии в кристаллической пленке обуславливает понижение плотности материала. Чем меньше толщина нанопленки, тем более отчетливо проявляется этот вариант релаксации.