О сублимации Ge при высокотемпературном осаждении Ge на Si

Будажанова А.Е.¹, Шкляев А.А.^{1,2}

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

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

DOI 10.34077/Semicond2019-91

Массивы микронных островков Ge на подложках Si, образующиеся в результате явления несмачиваемости при высокоскоростном осаждении Ge в диапазоне температур от 800 до 950 °С, представляют большой интерес для применения в оптоэлектронике. В предшествующих работах нами была получена [1] и затем расширена [2] модель для описания механизма роста таких структур. При этом в расчётах полагалось, что весь осаждаемый Ge остаётся на поверхности подложки и участвует в формировании морфологии её поверхности (т. е. считалось, что коэффициент прилипания $\eta=1$). Однако при высокотемпературном осаждении могут происходить процессы, приводящие к уменьшению количества Ge, остающегося на подложке. Такими процессами могут являться отражение от поверхности части падающих атомов Ge ($\eta<1$), сублимация атомов Ge, а также их диффузия в подложку Si. Важно выяснить, какое влияние оказывают первые два процесса на количество Ge, остающегося в подложке. В данной работе проводилось исследование сублимации атомов Ge.

Нами проводилось исследование воздействия высокотемпературного отжига на слои Ge толщиной около 60 нм, выращенные при сравнительно низких температурах (~ 350 °С) на подложках Si(100) и Si(111). Высокотемпературные отжики проводились при 900 °С в высоковакуумной печи при давлении остаточных газов $\sim 1 \times 10^{-7}$ Торр. Установлено, что при увеличении времени отжига t сначала наблюдается увеличение толщины поверхностного слоя, содержащего Ge, а затем его утоньшение [Рис. 1(а)]. Это может происходить за счёт сублимации Ge, а также взаимной диффузии Ge и Si. Для исключения последней производился отжиг 60 нм Ge на подложке Si покрытой плёнкой SiO₂. Обнаружено, что при малых t толщина слоя Ge не меняется [Рис. 1(б)]. На СЭМ-изображениях поверхности при $t \geq 30$ минут наблюдалось появление участков без Ge. При этом происходило уменьшение количества Ge на поверхности SiO₂, вероятно, за счёт реакции $\text{Ge} + \text{SiO}_2 \rightarrow \text{SiO} + \text{GeO}$. Таким образом, установлено, что сублимация Ge при 900 °С является несущественной, а изменения в поверхностном слое в структурах Ge/Si происходят в результате взаимной диффузии атомов Ge и Si.

Рис. 1. – Зависимость толщины слоя Ge от времени отжига при $T_{\text{anneal}} = 900$ °С: (а) отжиг 60 нм Ge на Si(100) и Si(111), (б) отжиг 60 нм Ge, нанесённого на слой SiO₂ толщиной 1 мкм.

Работа проводилась при финансовой поддержке РНФ, грант №19-72-30023.

[1] A.A.Shklyayev, A.E.Budazhapova, *Thin Solid Films*, **642**, 345 (2017).

[2] A.E.Budazhapova, A.A.Shklyayev, *EDM-2018, IEEE*, 16-18 (2018).