Диффузия атомов водорода в пленках Si, выращенных из молекулярных пучков на диэлектрических слоях Si₃N₄ и SiO₂

Чиж К.В.¹, Арапкина Л.В.¹, Ставровский Д.Б.¹, Уваров О.В.¹, Гайдук П.И.², Юрьев В.А.¹

¹ ИОФ РАН, 119991, Москва, ул. Вавилова, 38

² Белорусский государственный университет, 220030, Минск, пр. Независимости, 4

DOI 10.34077/Semicond2019-137

Процесс диффузии атомов водорода в пленках Si был исследован методом ИК Фурье-спектроскопии. Структура пленок Si изучалась с помощью ПЭМ. Пленки Si выращивались на подложках Si(100) с диэлектрическими слоями Si₃N₄ или SiO₂ в качестве исходной ростовой поверхности или непосредственно на поверхности Si(001). Слои Si₃N₄ осаждались методом химической газофазной эпитаксии при более высоких температурах, чем температуры, при которых в дальнейшем наносились слои Si. Слои SiO₂ также были нанесены при высокой температуре с помощью термического окисления кремниевых подложек. Аморфные и поликристаллические слои Si толщиной 200 нм осаждались из молекулярных пучков в сверхвысоком вакууме в диапазоне температур от 30 до 650°C. По мере увеличения температуры роста структура слоев Si менялась с аморфной на поликристаллическую [1]. Методом ИК Фурье-спектроскопии установлено, что при всех температурах осаждения Si интенсивность полос поглощения, обусловленного связью N–H, уменьшается, и растет интенсивность полосы Si–N в слое Si₃N₄. При температурах роста ниже 160°C в спектрах наблюдается полоса поглощения, обусловленная колебаниями связи Si–H, которая отсутствует в спектрах поглощения ИК излучения подложками до осаждения Si. Рост при температуре 30°C на подложках со слоем SiO₂ также характеризуется появлением полосы поглощения, соответствующей связи Si–H. Рост на поверхности Si(001) в аналогичных условиях такого результата не давал: полоса поглощения Si–H не наблюдалась. Экспериментальные результаты позволяют сделать вывод о том, что во время роста происходит диффузия атомов водорода из диэлектрической подложки в растущий слой Si (в диэлектрических слоях Si₃N₄ и SiO₂ всегда содержится некоторое остаточное количество атомов водорода). В зависимости от температуры процесса атомы водорода или накапливаются в растущем слое, или успевают диффундировать к поверхности и десорбироваться. Диффузия атомов водорода происходит уже при комнатной температуре роста. Механизм диффузии может быть описан в рамках теории, представленной в работах [2, 3]. Диффузия атомов водорода стимулируется разницей в химическом потенциале атомов водорода в диэлектрических пленках и растущем слое Si.

Работа выполнена при поддержке РФФИ грант № 18-52-00033.

[1] M.S. Storozhevykh, V.P. Dubkov, L.V. Arapkina, K.V. Chizh, S.A. Mironov, V.A. Chapnin, V.A. Yuryev. *Proc. SPIE* **10248** (2017) 102480O.

[2] R.A. Street, *Phys. Rev. B* **43** (3) (1991) 2454–2457.

[3] W. Beyer, *Phys. Stat. Sol. (a)* **213** (7) (2016) 1661–1674.