

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МНОГОСЛОЙНЫХ ПЕРИОДИЧЕСКИХ СИСТЕМ Mo/Si ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ДАВЛЕНИЯХ РАБОЧЕГО ГАЗА

Е.Н. Зубарев, В.В. Кондратенко, Ю.П. Першин, В.А. Севрюкова

Национальный технический университет "ХПИ"

Наиболее перспективным методом изготовления многослойной рентгеновской оптики является метод магнетронного распыления, позволяющий получать многослойные системы с высокой периодичностью и гладкостью межфазных границ раздела. Одним из основных технологических параметров данного метода является давление рабочего газа. В данной работе методом электронной микроскопии поперечных срезов и малоугловой рентгеновской дифрактометрии в сочетании с моделированием малоугловых спектров проведено исследование структуры и морфологии межфазных границ раздела многослойных периодических систем Mo/Si с периодами $H \approx 10 \div 21$ нм в зависимости от давления аргона $P_{Ar} = 1 \div 4$ мТорр.

Установлено, что толщина аморфной перемешанной зоны (АПЗ) на межфазной границе Mo-на-Si составляет $h_{Mo-на-Si} = 1.1$ нм при $P_{Ar} = 1$ мТорр и $h_{Mo-на-Si} = 0,77$ нм при $P_{Ar} = 4$ мТорр. Плотность АПЗ при давлении $P < 2,8$ мТорр составляет $\rho_{Mo-на-Si} \approx 6,7$ г/см³, что больше, чем табличное значение для дилисицида молибдена $\rho_{MoSi_2} = 6,24$ г/см³ и плотности АПЗ на смежной границе Si-на-Mo $\rho_{Si-на-Mo} \approx 6,0$ г/см³. При давлении $P_{Ar} = 4$ мТорр плотность АПЗ на границе Mo-на-Si уменьшается и составляет $\rho_{Mo-на-Si} \approx 6,0$ г/см³. Толщина АПЗ на границе Si-на-Mo составляет $h_{Si-на-Mo} \approx 0,5$ нм и в пределах точности измерений не зависит от рабочего давления.

С увеличением давления от 1 мТорр до 4 мТорр шероховатости всех слоев увеличиваются. Для АПЗ Mo-на-Si, АПЗ Si-на-Mo, и кремния рост шероховатостей в среднем составляет 0,2 нм. При этом увеличение шероховатости слоя молибдена достигает 0,55 нм.

Приведенные особенности изменения структуры границ раздела в многослойных периодических системах Mo/Si обусловлены изменением энергии частиц, прибывающих на подложку с изменением давления рабочего газа. На формирование структуры каждого слоя при магнетронном распылении влияют два типа частиц: собственно распыленные атомы Mo и Si и атомы Ar, отраженные от молибденовой мишени. Отраженные атомы Ar являются наиболее энергетичными и определяют перемешивание на границе Mo-на-Si при формировании аморфной перемешанной зоны и подвижность атомов Mo при росте молибденового слоя. Атомы Ar практически не отражаются от кремниевой мишени и поэтому не оказывают влияние на формирование АПЗ Si-на-Mo и слоя кремния.