

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ АТОМОВ ЖЕЛЕЗА С ПОВЕРХНОСТЬЮ ЧИСТОГО И
ОКИСЛЕННОГО МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КРЕМНИЯ

При взаимодействии атомов железа с поверхностью кремния может возникать целый ряд стабильных и метастабильных фаз силицидов железа. Последние образуются за счет ориентирующего влияния подложки и существуют только в тонких слоях. Интерес к этим соединениям обусловлен тем, что они могут обладать необычными свойствами и найти применение в нанoeлектронике и спинтронике. Хотя изучением адсорбционной системы Fe/Si занимаются с конца семидесятых годов, результаты, получаемые разными авторами, до сих пор плохо согласуются между собой (см., например, [1, 2]), и поэтому для прояснения ситуации требуется проведение дальнейших исследований. Изучению начальных стадий взаимодействия атомов железа с поверхностями Si(100)2×1 и Si(111)7×7, а также монокристаллами кремния, подвергнутыми предварительному окислению, и посвящена настоящая работа.

Эксперименты проводились в условиях сверхвысокого вакуума (10^{-8} Па) на образцах с атомарно-чистой поверхностью. Окисление кремния проводилось *in situ* при температуре 500°C экспозицией образцов в атмосфере кислорода при давлении 10^{-5} Па. Железо на поверхность кремния напылялось при комнатной температуре; скорость напыления составляла примерно 0,1 нм/мин. Толщина пленок Fe варьировалась в диапазоне 0,1–4 нм, а температура отжига образцов менялась в интервале до 750°C. Характеризация поверхности исследуемых объектов проводилась методом фотоэлектронной спектроскопии с использованием синхротронного излучения ($h\nu = 110\text{--}600$ эВ). Регистрировались спектры основных Si 2p и Fe 3p электронов, а также спектры электронов валентной зоны. Анализ фазового состава приповерхностного слоя исследуемых образцов проводился с помощью компьютерного разложения Si 2p спектров на составляющие.

В результате проведенных исследований получена новая информация о влиянии структуры исходной поверхности кремния, толщины напыленной пленки металла, температуры отжига образцов и предварительного окисления поверхности подложки на процесс твердофазного синтеза силицидов железа. Показано, в частности, что при отжиге образцов, покрытых достаточно толстыми пленками железа (1,2–4 нм), на обеих гранях кремния формируются только стабильные силициды железа — Fe₃Si, ε-FeSi и β-FeSi₂. В то же время для сверхтонких пленок железа, нанесенных на поверхность Si(100)2×1, возникают лишь метастабильные фазы (FeSi со структурой типа CsCl, γ-FeSi₂ со структурой CaF₂ и α-FeSi₂, являющаяся метастабильной при T < 940°C).

В опытах с тройной системой Fe/SiO_x/Si (при нанесении железа на поверхность кремния, покрытого пленкой окисла толщиной 0,4 нм), обнаружен эффект проникновения атомов Fe под слой SiO_x при комнатной температуре. Для более толстого слоя естественного окисла этот эффект не наблюдается. Однако процесс твердофазного синтеза, стимулируемый последующим отжигом образцов, в обоих случаях протекает под окисным слоем.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 07-02-01009) и Российско-Германской лаборатории на BESSY.

ЛИТЕРАТУРА:

1. R.Tsushima, Y.Michishita, S.Fujii et al., Surf. Sci. 579: 73 (2005).
2. K.Kataoka, K.Hattori, Y.Miyatake et al., Phys. Rev B 74: 155406 (2006).