

УДК 539.1.06:539.23.234

В.В. Тульев, доц., канд. физ.-мат. наук (БГТУ, г. Минск);
И.С. Ташлыков, проф., д-р физ.-мат. наук (БГПУ им. М. Танка, г. Минск);
Д.А. Литвинов, студ. (БГТУ, г. Минск)

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОСАЖДЕНИЯ НА ТОЛЩИНУ МОДИФИЦИРОВАННОГО СЛОЯ ПРИ ДИНАМИЧЕСКОМ АТОМНОМ ПЕРЕМЕШИВАНИИ Pd/Fe-СТРУКТУРЫ

В данном докладе обсуждаются экспериментальные результаты по изучению элементного состава приповерхностных слоев Pd/Fe-структуры, сформированной методом динамического атомного перемешивания (ДАП). Метод ДАП заключается в осаждении покрытия на подложку при одновременном облучении формируемой структуры ускоренными ионами инертных газов. Этот метод позволяет получать структуры покрытие/подложка с хорошей адгезией покрытия к матрице. В качестве подложки использовался железо чистотой 99,5%, на поверхность которого наносилось Pd-покрытие. Скорость осаждения покрытия составляла $0,150 \pm 0,005$ нм/с, время осаждения покрытия - 130 ± 2 с. Толщина покрытия, осажденного без ионного ассистирования, составляет $19,8 \pm 1,1$ нм. В качестве ассистирующих ионов использовались ионы аргона с энергией 6 кэВ. Плотность тока в ионном пучке при осаждении покрытия менялась в интервале от 9 до 20 мкА/см², что обеспечивало изменение интегрального потока Φ ассистирующих ионов аргона в интервале от $0,7 \cdot 10^{16}$ до $1,6 \cdot 10^{16}$ ион/см². При постоянной скорости осаждения покрытия это позволяло изменять параметр I/A (отношение плотности потока I ассистирующих ионов к плотности потока A атомов осаждаемого покрытия) – в интервале от 0,03 до 0,12. Осаждение покрытия происходило при вакууме в мишенной камере $\sim 2 \cdot 10^{-6}$ Торр.

Толщина осажденного покрытия в зависимости от соотношения I/A рассчитывалась по формуле (1):

$$d = \left(\frac{S \cdot \Phi}{N} \right)^{-1}, \quad (1)$$

где d_0 - толщина покрытия получаемого при пассивном осаждении;
 S – коэффициент распыления атомов железа при облучении ионами аргона с энергией 6 кэВ.

Элементный состав приповерхностных слоев сформированных структур изучался методом резерфордского обратного рассеяния (РОР) ионов гелия в сочетании с компьютерным моделированием. Энергия ионов гелия составляла 2 МэВ, угол влета 0° , угол вылета 15° , угол рассеяния 165° . Моделирование экспериментальных спек-

тров ROP происходило с помощью программы RUMP.

Изучение элементного состава показало, что Pd/Fe-структура содержит атомы осаждаемого металла палладия, атомы аргона и атомы железа из подложки (рисунок 1). На основе данных ROP были определена толщина Pd/Fe-структур, сформированные при различных значениях параметра I/A . Экспериментальные и теоретически рассчитанные толщины покрытий представлены на рисунке 2. Из сравнения данных следует, что при значениях параметра $(I/A) = 0,04-0,10$ экспериментально определенная толщина покрытия выше рассчитанной, а при значениях $(I/A) < 0,10$ сравнима в пределах погрешности. Так как при расчете толщины покрытия мы учитывали только распыление атомов Pd, то наблюдаемое различие при $(I/A) = 0,04-0,10$, по нашему мнению, связано с тем, что помимо распыления атомов Pd, происходит распыление атомов Fe из подложки. Атомы железа в покрытии присутствуют вследствие атомного перемешивания на границе раздела покрытие/подложка и встречной диффузии атомов подложки в покрытие. При значениях $(I/A) > 0,10$, процесс распыления атомов Pd играет существенную роль, так как коэффициент распыления атомов Pd в 1,5 раза больше чем Fe.

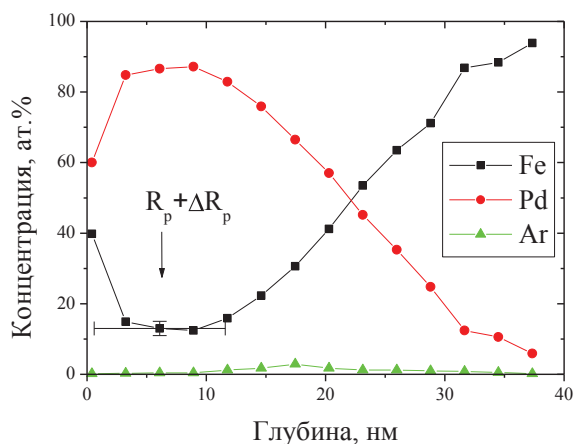


Рисунок 1 - Профили распределения компонентов по глубине в Pd/Fe-структуре, полученные моделированием на основе данных ROP

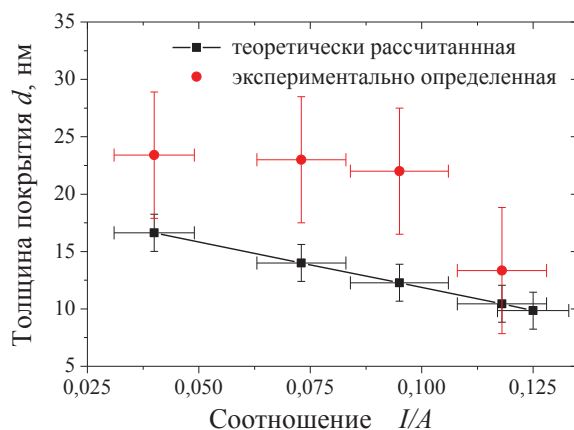


Рисунок 2 - Толщина покрытия Pd/Fe-структуры в зависимости от параметра I/A