влияние сопутствующего электронного облучения на ионное распыление металлов

С.Н. Коршунов, Ю.В. Мартыненко, И.Д. Скорлупкин, В.Г. Столярова

Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Москва, Россия, skorshun@nfi.kiae.ru

Согласно общепринятому представлению [1], облучение электронами кэВ-ных энергий не влияет на распыление и другие процессы при взаимодействии ионов с металлами, так как электронные возбуждения в металлах, создаваемые кэВ-ными электронами, релаксируют за времена (~ 10-15 с) значительно меньшие, чем период колебаний атомов твердого тела и время развития каскада атомных столкновений (~ 10-13 с). Однако, наши работы [2,3] показали влияние одновременного облучения электронами на распределения имплантированных ионов по глубине.

В данной работе изучалось распыление образцов из меди, никеля и стали 12Х18Н10Т ионами Ar+ на ионном ускорителе ИЛУ с одновременным облучением пучком электронов. Электронная пушка устанавливалась под углом 300 к оси ионного пучка, перпендикулярной поверхности образца. Исследования проведены на плоских образцах толщиной 0,3 – 0,5 мм, с площадью распыляемой поверхности 5 см2 при следующих параметрах ионно-электронного облучения: ионы Ar+ (Ei = 15 кэВ, Di = (2 – 5)∙1018 см-2, ji = (40 – 200) мкА/см2) + электроны е- (Ee = 2,5 кэВ, De = (1 – 5)∙1019 см-2, je = (150 – 1500) мкА/см2). Температура образцов в процессе ионно-электронного облучения варьировалась в пределах от 3000С до 8000С. Измерение коэффициента распыления осуществлялось весовым методом.

Установлено, что одновременное облучение ионами Ar+ (15 кэВ) и электронами (2,5 кэВ) при температурах выше 0,5Тпл. вызывает значительно большее распыление образцов из меди никеля и стали 12Х18Н10Т, чем облучение одними ионами Ar+. Эффект нарастает с ростом температуры и при Т = 0,7Тпл. коэффициенты ионно-электронного распыления превышают более чем в 2 раза коэффициенты распыления только ионами Ar+. Эксперименты по изучению сублимации меди показали, что при нагреве образца электронным пучком скорость сублимации больше, чем при нагреве в электровакуумной печи. Обнаруженные эффекты объясняются возбуждением электронами адатомов – атомов, выступающих над поверхностью, которые создаются ионной бомбардировкой. Возбужденные адатомы имеют меньшую энергию связи с поверхностью и легче распыляются.

Таким образом, представленная работа наряду с [2,3] показывает, что облучение металлов электронами кэВ-ных энергий создает долгоживущие возбуждения на дефектах в металлах, таких как атомы примеси [2,3] или адатомы на поверхности, и тем самым воздействует на процессы в атомной подсистеме.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант № 12-08-00645а. Мартыненко Ю.В. поддержан грантом НШ-4361.2012.2 президента РФ для государственной поддержки ведущих научных школ РФ.

Литература

1. Распыление твердых тел ионной бомбардировкой, Сборник под ред. Р. Бериша, вып. II, глава 2, Москва, «Мир» 1984.
2. Звонков С.Н., Коршунов С.Н., Мартыненко Ю.В., Скорлупкин И.Д., Ионная имплантация в металлы с одновременным электронным облучением, Письма в ЖЭТФ, 2011, 94(2), 116.
3. Мартыненко Ю.В., Коршунов С.Н., Белова Н.Е., Скорлупкин И.Д., Выделение алмазоподобной пленки на поверхность никеля при ионной имплантации углерода с одновременным облучением электронами, Письма в ЖЭТФ, 2013, 97(10), 675.