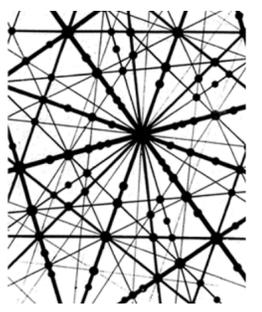




Дифференциальные характеристики распыления кластерными ионами при повышенных температурах



А.Е. Иешкин^{1, *}, А.В. Назаров², Ю.А. Ермаков², В.С. Черныш¹

ФВЗЧК-2023

¹⁾ Физический факультет, МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

²⁾ ИИЯФ МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

*e-mail: ieshkin@physics.msu.ru

Введение.

Температура мишени является одним из параметров, определяющих условия взаимодействия ускоренных ионов с поверхностью твердых тел. В качестве эффектов, связанных с изменением температурных условий ионного облучения, можно привести изменение темпа создания радиационных дефектов, изменение характера ионно-индуцированного нанорельефа за счет стимуляции диффузии, интенсификацию процесса химического распыления. Величина коэффициента распыления Y бесструктурной мишени в линейном режиме атомных столкновений (то есть при использовании не слишком тяжелых ионов с энергиями порядка единиц и десятков кэВ) практически не зависит от температуры. Однако механизм распыления кластерными ионами коренным образом отличается от случая атомарных ионов, поэтому влияние температуры на процесс распыления кластерами требует отдельного исследования.

Моделирование.

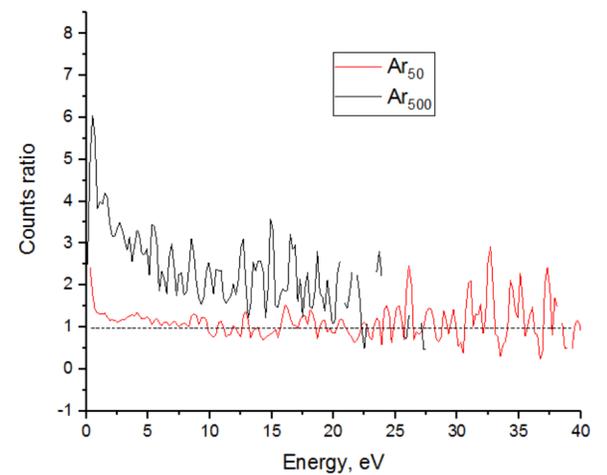
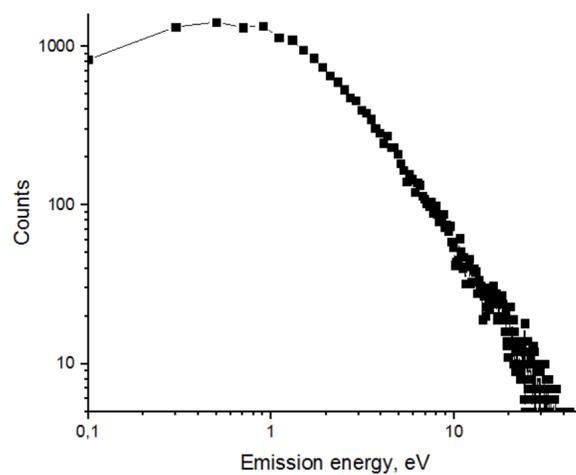
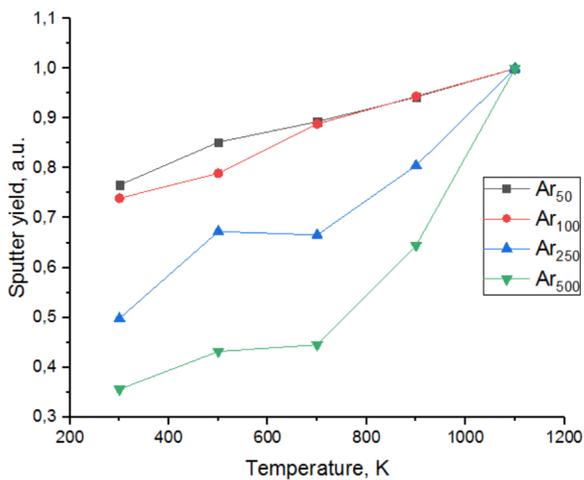
- Метод молекулярной динамики, пакет PARCAS;
- Мишень: Cu (111), $T = 300$ К, 700 К, 900 К, 1100 К;
- Ионы: Ar_n^+ , $n = 50, 100, 250, 500$; нормальное падение;
- Потенциалы: Cu-Cu -- EAM
Ar-Cu -- ZBL
Ar-Ar -- Леннарда-Джонса
- Время моделирования 6 – 16 пс

$$Y(T_a) \sim \frac{1}{U^2} \left(1 + \frac{T_a}{T_0}\right)^4 g\left(\frac{U}{k(T_0 + T_a)}\right)$$

$$g(\xi) = (1 + \xi) \exp(-\xi) - \xi^2 E_1(\xi)$$

Оценка по теории тепловых пиков Клауссена и Зигмунда дает рост коэффициента распыления с температурой всего на 5%

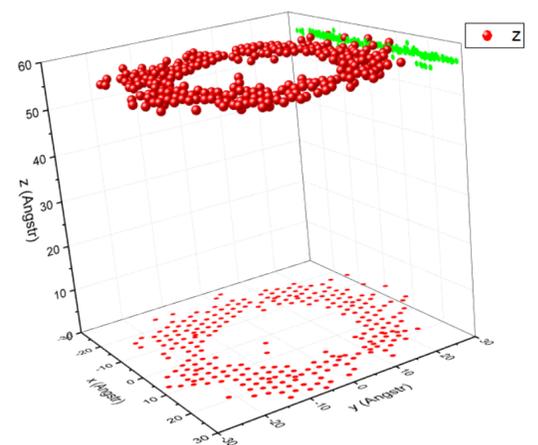
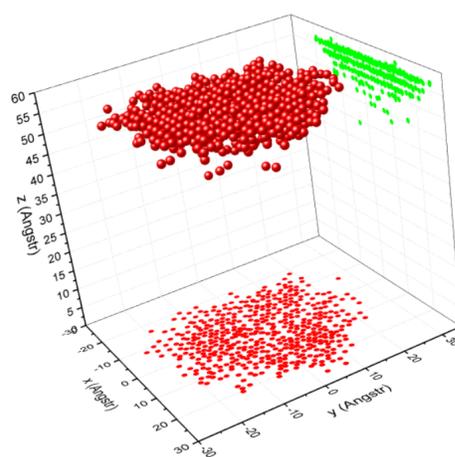
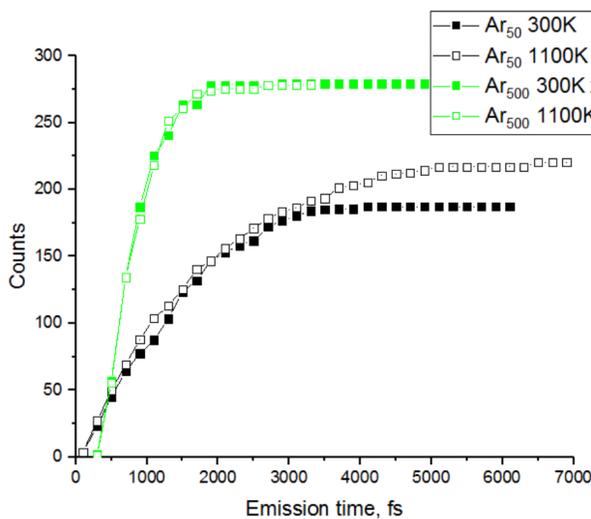
Результаты.



Зависимость коэффициента распыления кластерами различных размеров от температуры мишени. Нормировка на значение при температуре 1100 К.

Распределение по энергиям частиц, распыленных кластером Ar_{50} .

Отношение энергетических распределений частиц, распыленных при 1100 К и 300 К



Распределение по времени эмиссии распыленных частиц

Начальные положения атомов, распыленных кластерами Ar_{50} (слева) и Ar_{500} (справа) при температуре 1100 К

Выводы.

Наблюдается сильный рост коэффициента распыления Y с температурой мишени, причем для кластеров больших размеров эффект более выражен. Это объясняется тем, что для кластеров больших размеров начальная температура области столкновения меньше, чем для маленьких кластеров, и влияние температуры окружающей мишени сказывается сильнее. Что подтверждается распределениями распыленных частиц по энергиям (рост Y происходит за счет низкоэнергетических частиц) и по времени вылета (для маленьких кластеров Y растет на последних стадиях распыления, когда область столкновения остывает, а для больших кластеров – на протяжении всего процесса).