

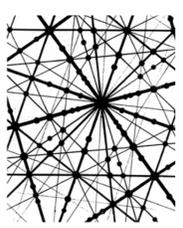


# Моделирование эволюции нанорельефа при облучении газовыми кластерными ионами

Д.Р. Бессмертный\*, Д.С. Киреев, А.Е. Иешкин

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

\*e-mail: [bessmertnyi.dr20@physics.msu.ru](mailto:bessmertnyi.dr20@physics.msu.ru)



ФВЗЧК-2023

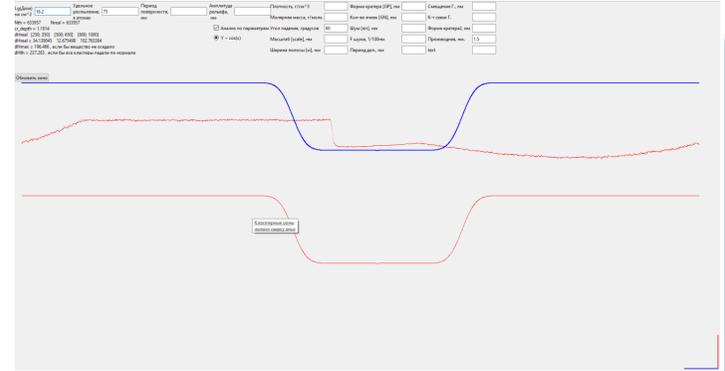
## ВВЕДЕНИЕ

Модификация нанорельефа – одна из важных задач современных нанотехнологий. В данной работе изучается изменение рельефа под действием пучка ускоренных кластерных ионов. Предложена и исследована модель, описывающая процесс формирования рельефа на поверхности мишени под действием пучка кластерных ионов различных энергий. Для прогнозирования экспериментов, была разработана программа, которая моделирует распыление рельефа заданной формы. Имеется возможность изменять параметры пучка и мишени. Были смоделированы эксперименты для различных рельефов, различных доз и направлений излучения. Выполнено сравнение результатов с данными эксперимента, описанного в статье [1].

## МОДЕЛЬ

Рассматривается двумерная модель поверхности, то есть рельеф задается в виде двумерного массива. В качестве основных процессов, отвечающих за формирование топографии поверхности, рассматриваются:

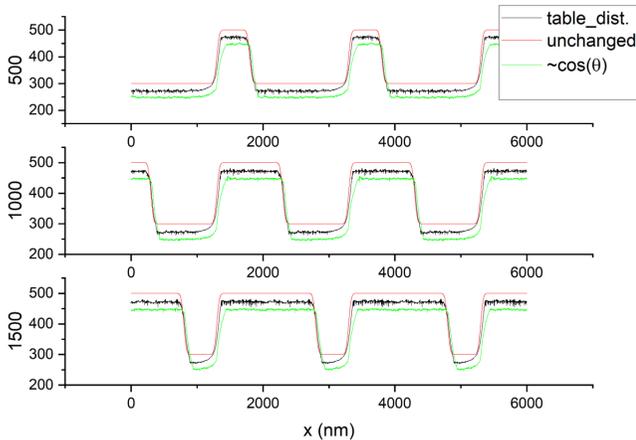
- распыление (учитывается зависимость коэффициента распыления от локального угла падения в соответствии с данными работ [2] или [3])
- переосаждение распыленного материала (можно ожидать, что роль этого процесса более заметна по сравнению с распылением атомарными ионами за счет латерального распределения распыленного вещества. Угловое распределение бралось в соответствии с [4]).
- формирование кратеров при столкновении кластеров с поверхностью, [5]



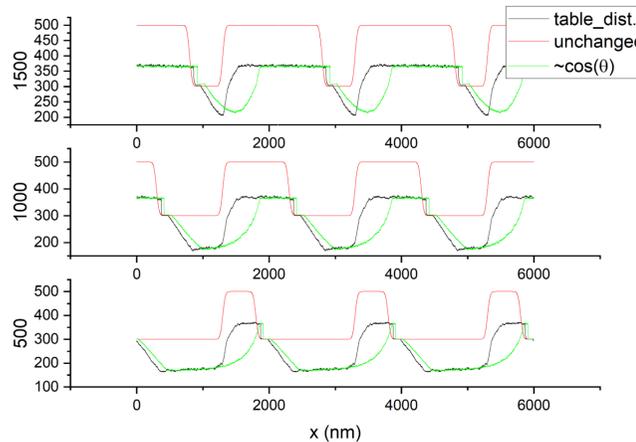
Пример работы программы

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Было проведено моделирование модификации рельефа в виде прямоугольных выступов с различной скважностью, сформированного на кремнии.

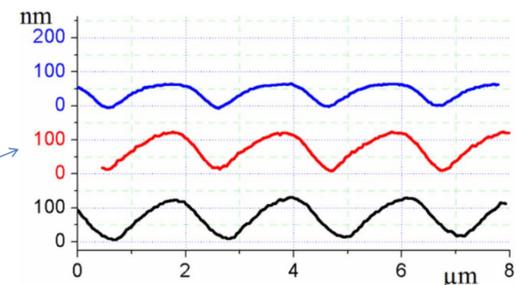


результаты моделирования

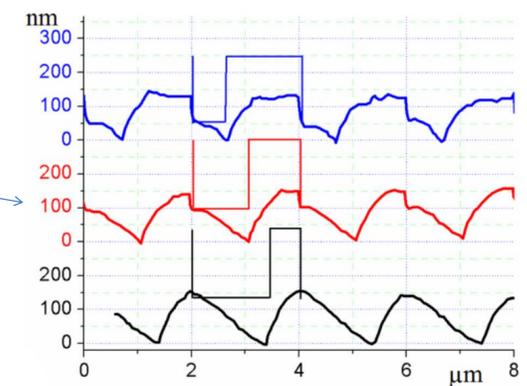


доза облучения  $0,5 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-2}$ ,  
угол падения  $30^\circ$  от нормали

доза облучения  $1,5 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-2}$ ,  
угол падения  $60^\circ$  от нормали



экспериментальные результаты [1]



## ВЫВОДЫ

Использованная модель позволяет воспроизводить качественные особенности рельефа, оценивать толщины распыленных слоев и влияние топографии поверхности на коэффициента распыления. Показано, что формируемый в модели рельеф сильно зависит от используемых характеристик распыления кластерными ионами, которые на сегодняшний день не вполне известны. В дальнейшем планируется дополнить модель, в частности, рассмотреть стимулированную облучением поверхностную диффузию.

## ЛИТЕРАТУРА

1. A.E. Ieshkin, D.S. Kireev, A.A. Tatarintsev, V.S. Chernysh, // Nucl. Instrum. Methods B. **165** (2019)
2. H. Kitani, N. Toyoda, J. Matsuo, and I. Yamada, Nucl. Instrum. Methods B **121**, 489 (1997).
3. K. Sumie, N. Toyoda, and I. Yamada, Nucl. Instrum. Methods B, **307**, 290 (2013).
4. N. Toyoda, H. Kitani, N. Hagiwara, T. Aoki, J. Matsuo, and I. Yamada, Mater. Chem. Phys. **54**, 262 (1998).
5. T. Aoki, T. Seki, and J. Matsuo, Vacuum **84**, 994 (2010).