

# ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ И СТРУКТУРНЫХ СВОЙСТВ ВОЛЬФРАМА ПОСЛЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ПЛАЗМЕННЫМ ПОТОКОМ НА ПРОЦЕСС ПЫЛЕОБРАЗОВАНИЯ

*Досболаев М.К.,\* Тажсен А.Б., Рамазанов Т.С.*

*КазНУ, Алматы, Казахстан*

*\*merlan@physics.kz*

В данной работе представлены экспериментальные результаты по исследованию изменения структурных и поверхностных свойств вольфрама после взаимодействия с плазменным потоком и влияния их на процесс пылеобразования [1].

Известно, что пыль обращенных к плазме материалов отрицательно влияет на установившиеся режимы работы термоядерных установок. Они бывают радиоактивными, химически токсичными, и взрывоопасными. В результате к материалам-кандидатам термоядерных установок предъявляются строгие требования по пылевой безопасности [2].

Рост пылеобразования материалов связан с структурой и свойствами поверхности контактирующих с плазмой материалов. Он также зависит от энергии плазменного пучка и от продолжительности воздействия. Было обнаружено, что после обработки несколькими импульсами плазменного пучка механические и поверхностные свойства вольфрама ухудшаются, и на поверхности образуются такие дефекты, как микротрещины, расплавленные ванны, и кратеры. Проведен анализ таких параметров, как размер пыли, морфология, форма и плотность. Только в течение 38-го плазменного импульса с поверхности вольфрамовой мишени испаряются более 200 пылинок. Пылевые частицы с расплавленной поверхности мишени выпрыскиваются в виде капель. А также, было выявлено, что источниками твердой пыли могут быть острые края микротрещин, образованных на поверхности вольфрамовой мишени.

Для исследования структуры вольфрама были использованы пиковые интенсивности вольфрама при углах Брэгга 40,2, 58,2, 73,2 и 87, соответствующих плоскостям (110), (200), (211) и (220) соответственно. Эти плоскости хорошо ориентированы относительно номера JCPD 00-004-0806. После взаимодействия с плазменным потоком, дифракционные пики вольфрама смещаются в сторону больших углов, с увеличением дозы импульса пики смещаются обратно в сторону малых углов. Это свидетельствует об структурных изменениях, связанных с сжимающими и растягивающими напряжениями в кристаллической решетке.

ке (деформация решетки). Кроме того, было обнаружено уменьшение интенсивности пиков, которые свидетельствуют о рекристаллизации вольфрамовой мишени. Напряжение сжатия ( $\Delta d/d$ ) интенсивного пика (110) можно оценить. Значение  $\Delta d/d$  составило 0,004474. Напряжение сжатия оценивалось по константе упругости  $k$  для вольфрама ( $3,45 \cdot 10^{11}$  Н/м<sup>2</sup>) и равнялось 1,5 ГПа. Из-за малой глубины проникновения рентгеновских лучей на поверхность пластины эта оценка, вероятно, может быть лишь приблизительной.

- 
1. M.K. Dosbolayev, A.B. Tazhen, T.S. Ramazanov, Y.A. Ussenov, "Investigation of dust formation during changes in the structural and surface properties of plasma-irradiated materials", Nuclear Materials and Energy, vol. 33, 101300, 2022.
  2. M.K. Dosbolayev, A.U. Utegenov, A.B. Tazhen, T.S. Ramazanov, "Investigation of dust formation in fusion reactors by pulsed plasma accelerator", Laser Part. Beams, vol. 35, 741-749, 2017.