

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра физики твердого тела

УДК 538.9; 539.21

МОДИФИКАЦИЯ СТРУКТУРЫ ВОЛЬФРАМА ПРИ ИОННО-ПЛАЗМЕННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

Дипломная работа

Студентка VI курса
Пигасова В.С.

Научный руководитель:
кандидат физ.-мат. наук,
доцент
Шиманский В.И.

Рецензент:
кандидат физ.-мат. наук,
доцент
Тимощенко А.И.

Допущена к защите
«___» _____ 2019г.
Зав. кафедрой физики твердого тела
доктор физ.-мат. наук, профессор,
_____ Углов В.В.

МИНСК, 2019

Содержание

Реферат	3
Введение.....	6
1. Применение вольфрама и его сплавов в термоядерной энергетике (аналитический обзор)	7
1.1. Материалы первой стенки термоядерных реакторов	7
1.2. Использование вольфрама в качестве материала для первой стенки термоядерного реактора.	10
1.3. Механизмы эрозии поверхности материалов при воздействии высокоэнергетических плазменных потоков и электронных и ионных пучков.....	14
1.4. Использование компрессионных плазменных потоков (КПП) для модификации и легирования приповерхностных слоев материалов	17
1.5. Модификация поверхности материалов высокоинтенсивными импульсными ионными пучками (мощными ионными пучками, МИП). ..	18
2. Объекты и методы исследования	19
2.1. Формирование объектов исследования.....	19
2.2. Методы анализа	21
2.2.1. Рентгеноспектральный анализ	21
2.2.2. Метод растровой электронной микроскопии	22
2.2.3. Метод энергодисперсионного рентгеноспектрального микроанализа.....	23
3. Структурно-фазовое состояние вольфрама легированного титаном при ионно-плазменном воздействии	24
3.1. Оценка распределения температуры в вольфраме при обработке компрессионными плазменными потоками	24
3.2. Структурно-фазовое состояние вольфрама после обработки компрессионными плазменными потоками	25
3.3. Структурно-фазовое состояние вольфрама, легированный титаном после обработки компрессионными плазменными потоками	32
3.4. Структурно-фазовое состояние вольфрама, подвергнутого воздействию высокоинтенсивных пучков ионов углерода	36
3.5. Структурно-фазовое состояние вольфрама, легированного атомами титана подвергнутого воздействию высокоинтенсивных пучков ионов углерода.....	39
3.6. Эрозия поверхности вольфрама при ионно-импульсной обработке	41
Заключение	43
Список используемых источников.....	44

Реферат

Дипломная работа: 46 с., рис. 28, 4 табл., 27 ист.

ВОЛЬФРАМ, КОМПРЕССИОННЫЕ ПЛАЗМЕННЫЕ ПОТОКИ, МОЩНЫЕ ИОННЫЕ ПУЧКИ, ЭРОЗИЯ ПОВЕРХНОСТИ.

Объект исследования – вольфрам, модифицированный компрессионными плазменными потоками (КПП) и мощными ионными пучками (МИП).

Предмет исследования – структурно-фазовое состояние вольфрама, модифицированный компрессионными плазменными потоками и мощными ионными пучками.

Цель работы – изучение структурно-фазового состояния и эрозии поверхности вольфрама, модифицированного компрессионными плазменными потоками и мощными ионными пучками.

Полученные результаты – в результате воздействия компрессионных плазменных потоков с $Q = 35 - 70 \text{ Дж/см}^2$ сформирован сплав вольфрама с титаном, вследствие плавления поверхностного слоя вольфрама и предварительно нанесенного покрытия титана. Концентрация титана в сплаве определяется плотностью поглощенной энергии и составляет 10 ат. % (35 Дж/см^2) и 4 ат. % (55 Дж/см^2). Обнаружено, что легирование вольфрама атомами титана в азотной плазме приводит к формированию твердых растворов на основе вольфрама $W(Ti)$ и высокотемпературной фазы титана $\beta-Ti(W)$, а также нитрида $(Ti,W)N$. Изучена эрозионная стойкость поверхности сформированного вольфрам-титанового сплава под действием высокоинтенсивных импульсных ионных пучков. Обнаружено, что легирование вольфрама атомами титана приводит к снижению трещинообразования на поверхности за счет изменения физико-механических свойств, что в свою очередь, способствует уменьшению эрозии поверхности за счет испарения.

Практическое применение – область радиационного материаловедения связанная с разработкой первой стенки термоядерных реакторов и др. элементов, требующих повышенную радиационную стойкость.

Рэферат

Дыпломная работа: 46 с., 28 рыс., 4 табл., 27 спас.

ВАЛЬФРАМ, КАМПРЭСІЙНЫЯ ПЛАЗМЕННЫЯ ПАТОКІ, МАГУТНЫЯ ІЁННЫЯ ПУЧКІ, ЭРОЗІЯ ПАВЕРХНІ.

Аб'ект даследавання - вальфрам, мадыфікаваны кампрэсійнымі плазменымі патокамі (КПП) і магутнымі іённымі пучкамі (МІП).

Прадмет даследавання - структурна-фазавы стан вальфраму, мадыфікаваны кампрэсійнымі плазменымі патокамі і магутнымі іённымі пучкамі.

Мэта работы - вывучэнне структурна-фазавога стану і эрозіі паверхні вальфраму, мадыфікаванага кампрэсійнымі плазменымі патокамі і магутнымі іённымі пучкамі

Атрыманыя вынікі – у выніку ўздзеяння кампрэсійных плазменных патокаў з $Q = 35 - 70 \text{ Дж / см}^2$ сфарміраваны сплаў вальфраму з тытанам, у выніку плаўлення павярхоўнага пласта вальфраму і папярэдне нанесенага пакрыцця тытана. Канцэнтрацыя тытана ў сплаве вызначаецца шчыльнасцю паглынутае энергіі і складае 10 ат. % (35 Дж / см^2) і 4 ат. % (55 Дж/см^2). Выяўлена, што легіраванне вальфраму атамамі тытана ў азотнай плазме прыводзіць да фарміравання цвёрдых раствораў на аснове вальфраму $W(Ti)$ і высокатэмпературнай фазы тытана $\beta-Ti(W)$, а таксама нітрыту $(Ti,W)N$. Вывучана эразійная стойкасць паверхні сфармаванага вальфрам-тытанавага сплаву пад дзеяннем высокаінтэнсіўных імпульсных іённых пучкоў. Выяўлена, што легіраванне вальфраму атамамі тытана прыводзіць да зніжэння расколін на паверхні з-за змянення фізіка-механічных уласцівасцяў, што ў сваю чаргу, спрыяе памяншэнню эрозіі паверхні з-за выпарэння.

Практычнае прымяненне – вобласць радыяцыйнага матэрыялазнаўства звязаная з распрацоўкай першай сценкі тэрмаядзерных рэактараў і інш. элементаў, якія патрабуюць павышаную радыяцыйную стойкасць.