

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

НИЧИПОР
Виктор Юрьевич

**Структура и свойства металлического стекла на основе Zr,
подвергнутого воздействию компрессионных плазменных потоков**

Дипломная работа

Научный руководитель
кандидат физико-математических наук,
доцент кафедры ФТТ Черенда Н.Н.

Рецензент
кандидат физико-математических наук,
доцент кафедры ядерной физики Дубовская И.Я.

Допущена к защите

«__» _____ 2021 г.

Зав. кафедрой физики твёрдого тела

Доктор физико-математических наук, профессор Углов В.В.

МИНСК, 2021

РЕФЕРАТ

Дипломная работа: 61 с., 32 рис., 1 табл., 18 источников.

Ключевые слова: АМОРФНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, МЕТАЛЛИЧЕСКОЕ СТЕКЛО, КОМПРЕССИОННЫЕ ПЛАЗМЕННЫЕ ПОТОКИ, СТРУКТУРА, ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ, МИКРОТВЁРДОСТЬ, КОЭФФИЦИЕНТ ТРЕНИЯ, ИМПЛАНТАЦИЯ ИОНОВ.

Объект исследования: Металлическое стекло на основе циркония состава Zr-Ti-Ni-Cu.

Цель работы: исследовать структурно-фазовое состояние и свойства металлического стекла на основе циркония, подвергнутого воздействию компрессионными плазменными потоками.

Методы исследования: рентгеноструктурный анализ, растровая электронная микроскопия, энергодисперсионный микроанализ, измерение микротвёрдости по Виккерсу, проведение трибологических испытаний.

Установлено, что структурно-фазовое состояние поверхностного слоя после воздействия компрессионными плазменными потоками зависит от величины поглощенной энергии. При увеличении плотности поглощённой поверхностью энергии с 4 до 10 Дж/см² происходит переход структуры металлического стекла из аморфного в кристаллическое состояние. Установлены основные закономерности изменения фазового состава стекла от плотности поглощенной энергии. Обнаружено образование кластеров с разупорядоченной структурой в диапазоне плотности поглощенной энергии 4-8 Дж/см². Определены параметры решетки сформированного твердого раствора на основе циркония. Обнаружено, что в результате взаимодействия с остаточной атмосферой вакуумной камере в поверхностном слое стекла происходит формирование оксидов циркония и титана.

Установлено, что плазменное воздействие в диапазоне плотности поглощенной энергии 4 – 9 Дж/см² не приводит к изменению микротвёрдости металлического стекла. При плотности поглощенной энергии 10 Дж/см² наблюдается увеличение микротвердости в ~ 1.5 раза.

Полученные результаты могут быть использованы для прогнозирования поведения структурно-фазового состояния материалов, используемых в камере термоядерных реакторов, в условиях срыва плазмы.

РЭФЕРАТ

Дыпломная работа: 61 ст., 32 мал., 1 табл., 18 кр.

Ключавыя словы: АМОΡΦНЬЯ МАΤЭРЬЯЛЫ, МЕТАΛΙΧΝΑΕ ШΚΛΟ, ΚΑΜΠΡΕΣΙЙНЬЯ ΠΛΑΖΜΑΒΥΑ СТРУМЕНΙ, СТРУКТУΡΑ, ΕΛΕΜΕΝΤΝΥ ΣΚΛΑΔ, ΜΙΚΡΑЦВЁРΔΑΣЦЬ, ΚΑΕΦΙЦΥΕΝΤ ШΑΡΑΒΑΝΝΥ, ΙΜΠΛΑΝΤΑЦΥΑ ΙΕΝΑΥ.

Аб'ект даследавання: Металічнае шкло на аснове цырконію складу Zr-Ti-Ni-Cu.

Мэта працы: даследаваць структурна-фазавы стан і ўласцівасці металічнага шкла на аснове цырконію, падпалага ўдзеянню кампрэсійнымі плазмавымі струменямі.

Метады даследавання: рэнтгенаструктурны аналіз, растравая электронная мікраскапія, энергадысперсійны мікрааналіз, вымярэнне мікрацвёрдасці па Вікерсу, правядзенне выпрабаванняў на шараванне.

Усталявана, што структурна-фазавы стан павярхоўнага пласта пасля ўплыву кампрэсійнымі плазмавымі струменямі залежыць ад велічыні паглынутаў энергіі. Пры павелічэнні шчыльнасці паглынутаў паверхняй энергіі з 4 да 10 Дж/см² адбываецца пераход структуры металічнага шкла з аморфнага ў крышталічны стан. Усталяваны асноўныя заканамернасці змены фазавага складу шкла ад шчыльнасці паглынутаў энергіі. Выяўлена ўтварэнне кластараў з неспарадкаванай структурай у дыяпазоне шчыльнасці паглынутаў энергіі 4-8 Дж/см². Вызначаны параметры рашоткі сфармаванага цвёрдага раствору на аснове цырконію. Выяўлена, што ў выніку ўзаемадзеяння з рэшткавай атмасферай вакуумнай камеры ў павярхоўным пласце шкла адбываецца фармаванне аксідаў цырконію і тытану.

Усталявана, што плазмавае ўдзеянне ў дыяпазоне шчыльнасці паглынутаў энергіі 4 – 9 Дж/см² не прыводзіць да змены мікрацвёрдасці металічнага шкла. Пры шчыльнасці паглынутаў энергіі 10 Дж/см² назіраецца павелічэнне мікрацвёрдасці ў ~ 1.5 разы.

Атрыманыя вынікі могуць быць скарыстаны для прагназавання паводзін структурна-фазавага стану матэрыялаў, што выкарыстоўваюцца ў камеры тэрмаядзерных рэактараў, ва ўмовах зрыву плазмы.

ABSTRACT

Thesis: 61 p., 32 fig., 1 tables, 18 ref.

Key words: AMORPHIC MATERIALS, METALLIC GLASS, COMPRESSION PLASMA FLOWS, STRUCTURE, ELEMENT COMPOSITION, MICROHARDNESS, FRICTION COEFFICIENT, ION IMPLANTATION.

Object of study: Zirconium-based metallic glass of Zr-Ti-Ni-Cu composition.

Objective: to investigate the structural phase state and properties of metallic glass based on zirconium, exposed to compression plasma flows.

Research methods: X-ray structural analysis, scanning electron microscopy, energy dispersive microanalysis, Vickers microhardness measurement, tribological tests.

It is established, that the structural-phase condition of a surface layer after influence by compression plasma streams depends on the value of the absorbed energy. The transition of metallic glass structure from amorphous to crystalline state occurs when the density of energy absorbed by the surface increases from 4 to 10 J/cm². The main regularities of changes in the glass phase composition as a function of the absorbed energy density are established. Formation of clusters with a disordered structure in the absorbed energy density range of 4-8 J/cm² was found. Lattice parameters of the formed zirconium-based solid solution were determined. It is found that as a result of interaction with residual atmosphere of vacuum chamber, zirconium and titanium oxides are formed in the surface layer of glass.

It is found that plasma exposure in the range of absorbed energy density of 4-9 J/cm² does not result in changes of microhardness of metallic glass. At the absorbed energy density 10 J/cm² increase of microhardness in ~ 1.5 times is observed.

The results obtained can be used for prediction of structure-phase state behavior of materials used in the chamber of fusion reactors under conditions of plasma disruption.