

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

СУГАК
Ярослав Николаевич

**Структурно-фазовые изменения в аморфных
металлических сплавах на основе циркония, облученных
ионами гелия и криптона.**

Дипломная работа

Научный руководитель:
профессор, доктор физико-математических
наук Углов Владимир Васильевич

Допущена к защите
«__» _____ 2022 г.
Зав. кафедрой физики твердого тела
доктор физико-математических наук,
профессор В.В. Углов

МИНСК 2022

Оглавление

Реферат	3
Введение.....	6
Глава 1.	8
1.1 Структурно-фазовое состояние аморфных металлических сплавов.....	8
1.2 Ближний порядок в аморфных сплавах	9
1.3 Свободный объем в аморфных сплавах.....	11
1.4 Методы сверхбыстрой закалки жидкости.....	11
1.5. Одновалковое спинингование.....	12
1.6 Изменение структуры и фазового состава аморфных сплавов при облучении ионами.	14
1.7 Вывод из литературного обзора. Постановка цели и задачи.....	18
2.1. Объект исследования.....	20
2.2 Рентгеноструктурный анализ.....	20
2.3 Метод рентгеновской рефлектометрии.	22
2.4 Рентгеноспектральный микроанализ.	24
2.5 Растровая электронная микроскопия.....	26
2.6 Методика построения функций радиального распределения с помощью программы RAD.....	28
Глава 3.	30
3.1 Исследование элементного и фазового состава аморфных сплавов.....	30
3.2 Моделирование ионных пробегов в программе SRIM.....	33
3.3. Структурно-фазовое состояние сплавов после облучения ионами Не и высокоэнергетическими ионами Kr.....	34
3.4. Облучение сплавов низкоэнергетическими ионами Kr.....	36
Основные выводы.....	39
Список использованных источников.....	40

Реферат

Дипломная работа 42 страниц, 19 рисунков, 3 таблицы, 22 источников.

СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В АМОРФНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СПЛАВАХ НА ОСНОВЕ ЦИРКОНИЯ, ОБЛУЧЕННЫХ ИОНАМИ ГЕЛИЯ И КРИПТОНА.

Исходные образцы представляли собой аморфные фольги систем Zr-Fe, Zr-Ti-Ni-Cu, Zr-Ti с содержанием циркония от 35 до 90 ат. %, которые были получены методом сверхбыстрой закалки из расплава в виде лент толщиной 30-60 мкм.

Полученные сплавы подверглись облучению ионами He (40 кэВ) дозой до $7 \times 10^{17} \text{ см}^{-2}$. Эти же образцы после облучения гелием дополнительно облучались Kr (145 МэВ) дозой до $1 \times 10^{14} \text{ см}^{-2}$ (высокоэнергетические ионы). Также проводилось облучение низкоэнергетическими ионами Kr (280 кэВ) дозой $5 \times 10^{15} \text{ см}^{-2}$.

Целью работы является исследование эволюции фазового состава и микроструктуры поверхности, ближнего порядка при облучении высоко- и низкоэнергетическими ионами. Для этого необходимо решить следующие задачи: исследовать структурно-фазовое состояние сплавов методом рентгеноструктурного анализа и электронной микроскопии. Рассчитать ближний порядок и оценить изменение свободного объема аморфных сплавов вследствие облучения.

Облучение ионами He⁺ энергией 40 кэВ при дозе $7 \cdot 10^{17}$ ион/см² не приводит к изменению структуры, фазового состава и морфологии поверхности аморфных сплавов систем Zr-Fe (Zr-1), Zr-Ti-Ni-Cu (Zr-2 и Zr-3), Zr-Ti (Zr-4). Анализ изменения величины свободного объема также показал, что каких-либо заметных изменений в структуре аморфных сплавов не происходит.

Рэферат

Дыпломная праца 42 старонак, 19 малюнкаў, 3 табліц, 22 крыніц.

СТРУКТУРНА-ФАЗАВЫЯ ЗМЯНЕННІ Ў АМАРФНЫХ МЕТАЛІЧНЫХ СПЛАВАХ НА АСНОВЕ ЦЫРКОНІЯ, АПРОМНЕННЫЯ ІОНАМІ ГЕЛІЯ І КРЫПТОНА.

Зыходныя ўзоры ўяўлялі сабой аморфныя фальгі сістэм Zr-Fe, Zr-Ti-Ni-Cu, Zr-Ti з утрыманнем цырконія ад 35 да 90 ат. %, якія былі атрыманы метадам звышхуткай загартоўкі з расплаву ў выглядзе стужак таўшчынёй 30-60 мкм.

Атрыманыя сплавы падвергліся апрамяненню іёнамі He (40 кэВ) дозай да 7×10^{17} см⁻². Гэтыя ж узору пасля апрамянення геліем дадаткова апрамяняліся Kr (145 МэВ) дозай да 1×10^{14} см⁻² (высокаэнергічныя іёны). Таксама праводзілася апрамяненне нізкаэнергетычнымі іёнамі Kr (280 кэВ) дозай 5×10^{15} см⁻².

Мэтай працы з'яўляецца даследаванне эвалюцыі фазавага складу і мікраструктуры паверхні, блізкага парадку пры апрамяненні высока-і нізкаэнергетычных іёнамі. Для гэтага неабходна вырашыць наступныя задачы: даследаваць структурна-фазавы стан сплаваў метадам рэнтгенаструктурнага аналізу і электроннай мікраскапіі. Разлічыць блізкі парадак і ацаніць змяненне вольнага аб'ёму аморфных сплаваў з прычыны апраменьвання.

Апрамяненне іёнамі He⁺ энергіяй 40 кэВ пры дозе $7 \cdot 10^{17}$ іён/см² не прыводзіць да змены структуры, фазавага складу і марфалогіі паверхні аморфных сплаваў сістэм Zr-Fe (Zr-1), Zr-Ti-Ni-Cu (Zr-2 і Zr-3), Zr-Ti (Zr-4). Аналіз змены велічыні вольнага аб'ёму таксама паказаў, што якіх-небудзь прыкметных змен у структуры аморфных сплаваў не адбываецца.

Abstract

Thesis 42 pages, 19 figures, 3 tables, 22 sources.

STRUCTURAL-PHASE CHANGES IN AMORPHOUS METAL ALLOYS BASED ON ZIRCONIUM, IRRADIATED WITH HELIUM AND CRYPTON IONS.

The initial samples were amorphous foils of the Zr-Fe, Zr-Ti-Ni-Cu, Zr-Ti systems with a zirconium content from 35 to 90 at. %, which were obtained by the method of ultrafast quenching from the melt in the form of ribbons with a thickness of 30-60 microns.

The alloys obtained were irradiated with He ions (40 keV) at a dose of up to $7 \times 10^{17} \text{ cm}^{-2}$. After irradiation with helium, the same samples were additionally irradiated with Kr (145 MeV) with a dose of up to $1 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$ (high-energy ions). Irradiation with low-energy Kr ions (280 keV) with a dose of $5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ was also carried out.

The aim of this work is to study the evolution of the phase composition and microstructure of the surface, short-range ordering under irradiation with high- and low-energy ions. To do this, it is necessary to solve the following tasks: to investigate the structural-phase state of alloys by the method of X-ray structural analysis and electron microscopy. Calculate the short-range order and estimate the change in the free volume of amorphous alloys due to irradiation.

Irradiation with He + ions with an energy of 40 keV at a dose of $7 \times 10^{17} \text{ ions / cm}^2$ does not lead to a change in the structure, phase composition and surface morphology of amorphous alloys of the Zr-Fe (Zr-1), Zr-Ti-Ni-Cu (Zr-2 and Zr-3), Zr-Ti (Zr-4). Analysis of the change in the free volume also showed that no noticeable changes in the structure of amorphous alloys occur.