

РЕНТГЕНОДИФРАКЦИОННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КЕРАМИКИ, ПОДВЕРГНУТОЙ ОБЛУЧЕНИЮ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧНЫМИ ИОНАМИ

Назаров А.А.^{1,2}, Нохрин А.В.¹, Юнин П.А.¹, Андреев П.В.¹, Потанина Е.А.¹

¹) ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государствен-
ный университет им. Н.И. Лобачевского», г. Нижний Новгород, Россия

²) Институт физики микроструктур РАН — филиал ФГБУН „Институт прикладной
физики Российской академии наук“, г. Нижний Новгород, Россия

E-mail: nazarov.artem6230@gmail.com

X-RAY DIFFRACTION ANALYSIS OF CERAMICS IRRADIATED WITH HIGH-ENERGY IONS

Nazarov A.A.^{1,2}, Nokhrin A.V.¹, Yunin P.A.¹, Andreev P.V.¹, Potanina E.A.¹

¹) Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod, Russia

²) Institute for Physics of Microstructures, Russian Academy of Sciences, Nizhny Nov-
gorod, Russia

NaNd(WO₄)₂ and NaNd(MoO₄)₂ ceramic samples subjected to ion implantation is considered. The degree of amorphization of the near-surface layer of the samples depending on the fluence were obtained. The depth of the amorphized layer was also investigated.

Исследованы две серии керамических образцов, полученных методом электроимпульсного плазменного спекания (ЭИПС) NaNd(WO₄)₂ (NNW) и NaNd(MoO₄)₂ (NNMo). Рассматриваемые керамики являются перспективными материалами для консолидации радиоактивных отходов [1]. В результате спекания были получены цилиндрические образцы диаметром $d = 12$ мм и толщиной $h = 2$ мм. Предварительно образцы подвергались испытаниям на устойчивость к радиационному воздействию, для этого их облучали ионами высокой энергии Ar ($E = 46$ МэВ), Kr (107 МэВ) и Xe (160 МэВ) с флюенсом в интервале $6 \cdot 10^{10} - 2 \cdot 10^{12}$ см⁻². Такие параметры имплантируемых ионов характеризуют жёсткие условия радиационного воздействия. Известно, что имплантация ионов в кристаллическую решётку образца приводит к образованию нульмерных дефектов – вакансий и межузельных атомов, а частицы имплантата становятся точечными дефектами внедрения [2].

Эксперимент по рентгеновской дифракции в скользящем падении первичного пучка проводился на дифрактометре Bruker D8 Discover (CuK α -излучение). Для формирования параллельного пучка в дифрактометре применяется параболическое зеркало Гёбеля и коллиматор диаметром 1 мм, а перед детектором располагаются щели Соллера с угловой апертурой 0.2°. Угол падения пучка РИ α варьировался от 1° до 10°, сканирование осуществлялось поворотом детектора по углу 2θ . Съёмка осуществлялась в окрестностях высокоинтенсивного отражения (112) фаз NNW и NNMо.

На рис. 1 приведены результаты эксперимента – 2θ -сканы отражения (112) облучённой керамики NNW при разном угле падения α . Подобные дифрактограммы были получены для двух серий керамик, облучённых разными типами ионов с разными энергиями и флюенсом.

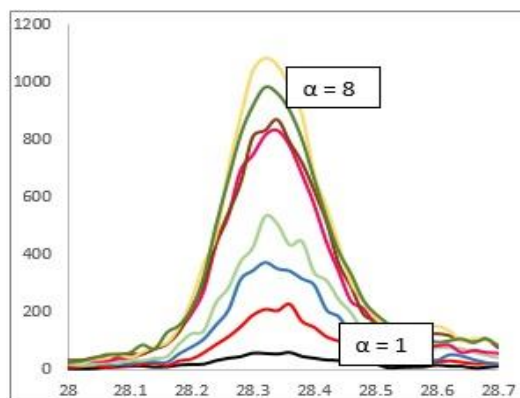


Рис. 1. Дифрактограммы образца NNW Кг, отражение (112) $2\theta = 28.3^\circ$ под разным углом падения α .

При обработке массива экспериментальных данных показан рост степени аморфизации с ростом дозы облучения от 20% при дозе $6 \cdot 10^{10}$ для керамики NNMo до 85% при дозе $2 \cdot 10^{12}$ для керамики NNW. Керамики NNMo при меньшей плотности, показали большую стойкость кристаллической фазы к внешнему радиационному воздействию по сравнению с NNW при одинаковых дозах облучения. Формирования новых кристаллических фаз в облученных образцах не наблюдалось. Глубина аморфизованного слоя оказалась больше глубины проникновения рентгеновского излучения в образцы (2 мкм). Нарушенный слой однородно аморфизован в пределах этого диапазона глубин. Такие оценки согласуются с результатами моделирования облучения этих материалов, проведенного в программном комплексе SRIM.

Рентгенодифракционные исследования образцов до и после облучения выполнялись в лаборатории диагностики радиационных дефектов в твердотельных наноструктурах ИФМ РАН при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (з/з № 0030-2021-0030).

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №20-21-00145_Росатом.

1. Jantzen C.M., Lee W.E., Ojovan M.I., "Radioactive Waste Management and Contaminated Site Clean-Up. Processes, Technologies and International Experience". Oxford, Cambridge, Philadelphia, New Delhi, Woodhead Published Limited, Chapter 6, P. 171, (2013).
2. М. А. Штремель, Прочность сплавов ч. 2 Деформация, МИСИС, г. Москва, (1997).