Полевая ионная микроскопия структурной модификации поверхности ЖС36-ВИ после бомбардировки Ar^+ (30 кэВ)

В.А. Ивченко¹

¹ *Институт электрофизики УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия*

Представлены результаты модификации атомной структуры безуглеродистого монокристаллического сплава ЖС36-ВИ после бомбардировки пучками газовых ионов (Ar^+), ускоренными до 30 кэВ и флюенсом $F = 10^{17}$ ион/см². Методом полевой ионной микроскопии установлено, что атомная структура поверхности и приповерхностного объема в результате радиационного воздействия испытывает фазовые превращения с образованием новых фаз. Определены размер, форма и места залегания возникших фаз в объеме материала. Обнаружена глубина проникновения радиационного воздействия в приповерхностном слое. При использованных режимах облучения новые нанодисперсные фазы наблюдались вплоть до 30 нм приповерхностного объема сплава.

Ключевые слова: взаимодействие заряженных ионов с ЖС36-ВИ, полевая ионная микроскопия, атомная структура, нанофазы.

Введение

Одна из актуальных задач получения необходимой структуры поверхности вещества состоит в изучении взаимодействия пучков заряженных частиц с поверхностью материала на расстоянии ~ 1 –100 нм от облученной поверхности. По сути, создание пленок или покрытий в этом размерном диапазоне радиационного воздействия.

В настоящей статье получены результаты исследований кристаллической структуры поверхности и приповерхностного объема безуглеродистого монокристаллического сплава ЖС36-ВИ [1] после радиационного воздействия. Лопатки из такого литого сплава используются в современных авиационных двигателях [2, 3].

Настоящая работа посвящена изучению модификации поверхности и приповерхностного объема сплава ЖС36-ВИ после бомбардировки пучками газовых ионов (Ar^+), ускоренными до 30 кэВ и флюенсом $F = 10^{17}$ ион/см². Одна из задач – экспериментальный анализ радиационных повреждений и возможных фазовых превращений в результате радиационного воздействия на сплав ЖС36-ВИ.

Для диагностики таких структур был выбран метод полевой ионной микроскопии (ПИМ). Возможности ПИМ позволяют изучать приповерхностный объем облученных материалов контролируемым удалением атомов с поверхности. Размер поля зрения микроскопа (порядка 100 нм) и анализ образца в объеме посредством управляемого удаления поверхностных атомов дает возможность проанализировать и установить модификацию атомной структуры. Изучение материала в объеме до микронных размеров дает гарантию и макромасштабного получения экспериментальных данных.

Применение методов атомно-зондовой томографии (Atom Probe Tomography, АРТ или 3D Atom Probe) и полевой ионной микроскопии позволяет получать уникальные результаты в различных областях физики конденсированного состояния, в частности, при исследовании жаропрочных никелевых сплавов [4–11].

Ранее [12] были получены результаты исследования кристаллической структуры безуглеродистого монокристаллического сплава ЖС36-ВИ в атомном масштабе.

1. Материал и методика исследований

В качестве материала для заготовок образцов использовали рабочую лопатку турбины высокого давления авиационного двигателя. Количественный химический состав предназначенного для облучения сплава ЖС36-ВИ представлен в [1]. Штабики размером 0.2×0.2 мм длиной 20 мм представляли собой заготовки, которые вырезали на электроискровом станке из материала лопатки. Для изготовления острых образцов с радиусом кривизны вершины 30–50 нм использовали процессы электрохимического полирования.